FÍSICA COM SUPER-HERÓIS

+160 EXERCÍCIOS COM RESOLUÇÃO PARA FACILITAR OS ESTUDOS E INSPIRAR O APRENDIZADO

PREFÁCIO DE MARCELO GLEISER

Huemerson Maceti

Raoni Thales de Medeiros Teixeira

Tabata Vidal

Carlos Miranda Awano

Luiziana Aparecida Gonzaga

Rodrigo Augusto Ferreira de Souza

Lidiomar Rodrigues

Rafael Guolo Dias

José Dirceu Vollet Filho

Wadley Calegaro de Castro

Bruno Zaniboni Saggioro

Ivan José Lautenschleguer

Celso Luis Levada

Moabe Pina da Silva

Física com Super-heróis ©
+ 160 Exercícios com resolução para facilitar os estudos e inspirar o aprendizado

Huemerson Maceti
Raoni Thales de Medeiros Teixeira
Tabata Vidal
Carlos Miranda Awano
Luiziana Aparecida Gonzaga
Rodrigo Augusto Ferreira de Souza
Lidiomar Rodrigues
Rafael Guolo Dias
José Dirceu Vollet Filho
Wadley Calegaro de Castro
Bruno Zaniboni Saggioro
Ivan José Lautenschleguer
Celso Luis Levada
Moabe Pina da Silva

Física com super-heróis: exercícios com resolução para
F537 facilitar os estudos e inspirar o aprendizado. / Huemerson Maceti...[et al.]; prefácio de Marcelo Gleiser. - Araras, SP: FHO - Fundação Hermínio Ometto, 2021.
395p. il. (23,8 Mb) e-Book

ISBN: 978-65-87752-43-3

1. Física - Estudo e ensino.. I. Maceti, Huemerson
II. Fundação Hermínio Ometto - FHO III. Título.

CDD - 530.07

Elaborada pela Biblioteca "DUSE RÜEGGER OMETTO"- UNIARARAS

FHO - Fundação Hermínio Ometto
Av. Dr. Maximiliano Baruto, 500 - Jardim Universitário, Araras - SP, 13607-339

APRESENTAÇÃO

Sobre Física, heróis, ensino, pandemia e um bocado de gente boa que a Física reuniu.

Lembro-me de uma história contada por este grande trovador da Física, Richard Feynman, presente em uma magnífica obra de Leonard Mlodinow, intitulada *Arco-Íris de Feynman*. Um dia, seu filho, ainda menino, começou a falar de modo estranho, pois não dizia mais palavras que contivessem a letra "i". Perguntaram-no o que havia, e ele respondeu: "acabou o meu estoque desse som!".

Como bem disse Mlodinow, isto nos leva a uma questão profunda, que entrelaça ciência, linguagem e mais um mundo de coisas. Há um elemento do infinito na língua: as letras, ou os fonemas associados a elas, são infinitas porque são criadas no ato. Como a criação, em nossa cultura, é um atributo divino (Deus tem o codinome de Criador), justificam-se culturalmente os cuidados do jovem Feynman.

Esse cuidado também se aplica aqui. Como falar de um projeto que reuniu pessoas tão admiradas por mim, por tanto tempo e com um único propósito: o de ajudar alunos e professores? Espero que não me faltem as palavras certas.

Começamos esta jornada no ano de 1992, quando ingressei no curso de Física da UNESP de Rio Claro, junto com o Lídio e o Rodrigo, colegas de sala, companheiros de república e verdadeiros irmãos que a Física me deu. Lídio é padrinho do meu filho, Guilherme, que me

motivou nessa empreitada. Rodrigo mora atualmente em Manaus/AM, a uma distância de 3.700 km de Rio Claro/SP aproximadamente.

Durante os estudos, iniciei minha carreira docente no cursinho do CAB, curso preparatório pré-vestibular oferecido pela UNESP de Rio Claro, ainda nos primeiros anos de graduação.

Durante minha jornada acadêmica, fiz grandes amigos e conheci muitos alunos espetaculares. Tabata foi minha aluna de Ensino Médio e hoje é colega de trabalho no Ensino Médio e na faculdade. Rafael foi meu aluno no 9º ano e se tornou um grande amigo. José Dirceu cursou Física na UNESP, era sobrinho de meu orientador e colega de curso de Wadley, Bruno e Carlos, os quais também são amigos e colegas de trabalho. Celso e Ivan são grandes amigos e colegas de trabalho de muitos anos.

Já no ano de 2003, uma ex-aluna do Curso Normal Superior do Centro Universitário da Fundação Hermínio Ometto – FHO (na época UNIARARAS), Sandra Aparecida Bento Pitelli, minha orientanda, defendeu o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado "O uso da Televisão na pré-escola", desenvolvendo também o trabalho com o título "O uso racional da televisão e a exploração no cotidiano escolar", apresentado na I Jornada Integrada Uniararas. Em 2008, outra orientanda, Elaine Ziviani Scarpa, finalizou seu curso de Física, na FHO, com o TCC "Física em Quadrinhos: Uma nova abordagem de Ensino".

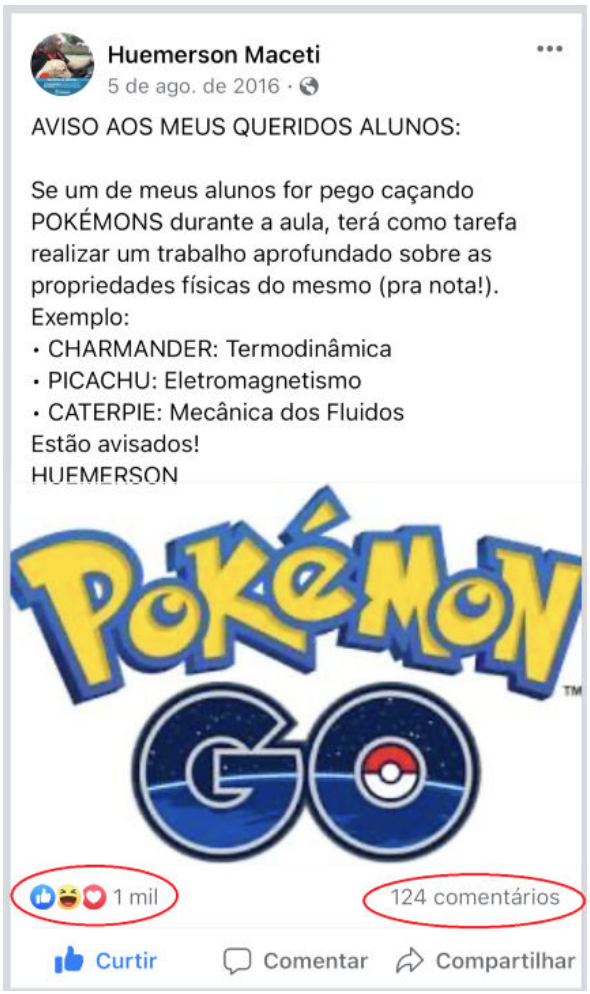
Luiziana foi minha aluna e orientanda em dois cursos de graduação e um curso de pós-graduação na FHO. É nesse ponto que começamos a unir duas paixões: a Física e o universo de heróis. Para seu TCC em Licenciatura em Física, no ano de 2012, minha aluna decidiu-se

pelo trabalho intitulado "A Física dos super-heróis de quadrinhos", com o intuito de tornar as aulas de Física mais divertidas e atrativas.

O trabalho teve boa repercussão e atraiu a atenção de grande número de alunos. Isso nos motivou a seguir metodologias de ensino fundamentadas na cultura *geek*, em aplicações cotidianas, na Física das artes marciais e em "aparelhos da moda", como o *hand-spinner*.

No ano de 2016, os brasileiros tiveram acesso a um dos aplicativos mais comentados da época, o Pokemón Go, jogo de realidade aumentada para *smartphones* que oferece aos usuários a experiência de capturar e treinar diversas criaturas da série de origem japonesa Pokémon. Desde então, o jogo se tornou uma verdadeira "febre" entre jovens e adultos, ávidos por colecionar as criaturas espalhadas por todos os lugares.

Quando o jogo foi lançado, muitos professores disseram que, se algum aluno fosse pego caçando Pokémon na sala, perderia pontos. Durante uma brincadeira, publiquei nas redes sociais a seguinte mensagem:



A repercussão foi imediata, com muitos alunos e ex-alunos dizendo que gostariam de fazer um trabalho assim. A atenção gerada pelo jogo nos levou a criar uma forma divertida e motivadora de ensinar o conteúdo "Trabalho, Energia e Potência", da disciplina Física Geral II, aos alunos do primeiro ano do Núcleo de Engenharia da FHO e, logo depois, uma lista de "Fluidos". Essas listas de exercícios atraíram a atenção dos estudantes para teorias que, muitas vezes, geram dúvidas e dificuldades.

Coube ao meu amado filho, Guilherme, na época com 9 anos, apresentar a mim os detalhes do assunto. Meu filho adora Pokémon, e, acompanhando o seu dia a dia, comecei a pesquisar as propriedades físicas dos pequenos monstrinhos. Um utilizava eletricidade, outro o fogo. Alguns voavam, outros controlavam os fluidos, e outros ainda tinham poderes psíquicos. Foi assim que nasceu a lista inicial de exercícios.

Com as atividades propostas pela "Pokefísica – A Física dos Pokémons!", criaturas como Pikachu, Mewtwo, Charmander, Bulbasaur e Geodude exemplificam com seus poderes (muito desejados pelos jogadores) propriedades físicas como termodinâmica, eletromagnetismo e mecânica dos fluidos.

A lista era um desafio. Assim, enquanto faziam em sala os exercícios aplicados à engenharia, os alunos tentavam, em paralelo, resolvê-la em casa, estudando mais. Além disso, com a mudança do assunto, outros exercícios eram criados.

A proposta veio ao encontro das práticas pedagógicas aplicadas pela FHO, com o intuito de motivar o aluno em seu aprendizado, fixando o conteúdo de uma forma prazerosa e efetiva. Isso contribui para a formação de conceitos básicos e de uma leitura mais crítica e divertida do mundo.

Embora esteja presente em tudo, a Física ainda é vista como uma disciplina difícil e, até mesmo, chata. Por essa razão, o papel do professor é mostrar ao aluno a beleza de cada um dos assuntos. Eu me apaixonei pela Física e, por isso, decidi segui-la como profissão. Assim, tenho a obrigação de mostrar aos alunos toda a beleza dessa ciência. Como bem

disse Carl Sagan, não explicar a ciência me parece perverso. Quando você está apaixonado, você quer contar isso para o mundo.

Além de jogos, super-heróis, músicas e esportes radicais são alguns dos assuntos que despertam o interesse dos estudantes em sala de aula e servem de ilustração para as explicações. Já trabalhamos as leis de Newton, a energia e a elasticidade observando a morte de Gwen Stacy no filme do Homem-Aranha; e os lançamentos oblíquos em arremessos de mísseis contra o Godzila e também no jogo Angry Birds.

No Colégio Puríssimo, fizemos uma aula prática de Física das artes marciais, utilizando o Aikido, arte marcial da qual sou praticante, para ensinar questões como forças, momentos, centro de massa, rotação e energia, em que os alunos assistiam às técnicas e depois as praticavam em um tatame montado no colégio para esse fim. Também fizemos uma sala de "Física dos Super-Heróis" para nossa Feira do Conhecimento.

Mas e este livro?

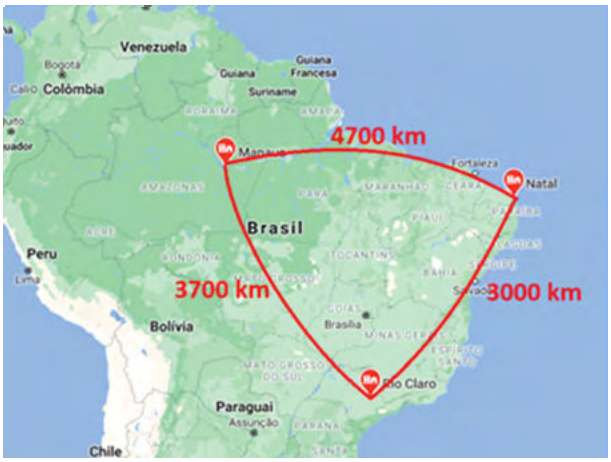
É aí que entra outra figura fantástica, o jovem Raoni, professor de Física do IFRN e morador de Natal, à distância de 3.000 km de Rio Claro/SP. Por *e-mail*, Raoni entrou em contato para dizer que havia gostado da lista e gostaria de saber se poderia utilizá-la. Então, ele disse uma frase mágica: "Também tenho alguns exercícios de heróis". Pronto, começamos a nos comunicar e a agrupar exercícios para uma lista mais ampla.

Logo após, veio a pandemia, atingindo em cheio o ensino e, em especial, os alunos mais carentes. Foi aí que reunimos esse grupo

maravilhoso de professores com uma proposta: doar parte de seu tempo para criar mais exercícios, organizá-los e gerar um livro totalmente gratuito para ajudar os alunos que não têm acesso a essas informações.

Como não podia deixar de ser, o grupo prontamente aceitou a ideia, e começamos a nos reunir virtualmente para elaborar este trabalho, que foi feito com muito carinho.

A Física trata de velocidades, deslocamentos, distâncias. Então, movimentar um grupo de físicos com membros tão distantes geograficamente não foi lá um problema. As informações percorreram um perímetro de mais de ¼ da circunferência da Terra. Para isso, apenas a vontade foi necessária!



Moabe Pina da Silva, também de Natal/RN e único biólogo do grupo, emprestou a nós seus dotes artísticos para a criação do "Mega Pi", nosso herói, o qual ilustra a capa e alguns exercícios deste livro. Aproveitei o belo quadro que recebi de presente da aluna, amiga e artista Katiane Antunes Rodrigues para ilustrar alguns de nossos heróis na Física (Einstein, Newton e Galileu).

Meu querido amigo Roosevelt Garcia, figura incrível e grande "enciclopédia" do universo de desenhos, séries e ficção científica, é também sempre uma fonte de muita informação e bom humor.

Em meio à pandemia, ao trabalho remoto, às atividades extras e reuniões, o grupo ainda encontrou um tempo valioso para se dedicar a este projeto. São amigos queridos e duas paixões: a Física e os heróis.

Ao talentoso e querido amigo Sanderson Apolônio Santos, que nos brindou com essa incrível capa, obrigado pelo tempo, pela amizade e pelas agradáveis conversas sobre Física e mundo *geek* nos corredores da FHO.

Agradeço profundamente a cada uma dessas pessoas com que a vida me presenteou. Agradeço também aos inúmeros alunos e professores que me inspiraram e continuam a inspirar. Vocês são o foco principal deste trabalho, os verdadeiros heróis.

Este livro traz um texto inicial, com algumas abordagens de Física, e mais de 160 questões que abordam vários tópicos, cuja resolução aparece ao final do material.

Passamos pelos heróis mais conhecidos dos universos da Marvel e da DC até os heróis mais antigos de Hanna-Barbera e Cavaleiros do Zodíaco. Além disso, criamos nosso próprio herói, o incrível "Capitão Mega-Pi", um herói tipicamente brasileiro.

Também indicamos aqui uma lista de competências e habilidades da BNCC, trabalhadas nos exercícios, e um breve texto sobre o "Novo Ensino Médio e Itinerários Formativos", para nortear professores e alunos em seus estudos.

Por fim, como não poderíamos deixar de trabalhar este assunto, criamos um tópico intitulado ***A Física ajudando pessoas com deficiência, mesmo que elas sejam "super"!*** Um agradecimento especial ao professor Filippi Benevenuto Ongarelli, meu ex-aluno e atual

colega de trabalho, que faz um trabalho fantástico no Espaço Maker, incluindo protótipos de próteses, o que gerou esse capítulo especial.

Vários exercícios presentes neste livro foram adaptações de importantes vestibulares (FUVEST, UNICAMP, UNESP, UFMG, UnB, entre outros) e também do ENEM, de modo a preparar os alunos para esses exames de forma descontraída. Outros tantos exercícios foram 100% fruto da imaginação dos autores.

Espero que este material motive estudantes e professores a olhar para a Física como algo maravilhoso.

Segundo um aluno, que me escreveu em uma avaliação, quando o professor se esforça para ensinar, o aluno se esforça mais para aprender.

Por fim, é importante ressaltar que **ESTE LIVRO NÃO PODE SER COMERCIALIZADO**. Trata-se de uma doação dos autores para ajudar os alunos a adquirir uma visão diferente da Física. O intuito é de que este material sirva de base para os estudos e que os leitores possam descobrir algo que nós já sabemos bem: que a Física é linda!

Boa Viagem!

Huemerson Maceti

– Sua compaixão é uma fraqueza da qual seus inimigos não partilharão.
Ra's al Ghul.

– Por isso, ela é tão importante. É o que nos diferencia deles.
Bruce Wayne.

Batman Begins

AGRADECIMENTOS

Como nem todos os heróis vestem capa, gostaríamos de agradecer aos vários heróis que possibilitaram a produção desta obra.

Nosso agradecimento muito especial à FHO – Fundação Hermínio Ometto e ao Centro Universitário da Fundação Hermínio Ometto, de Araras/SP, que primam pelo ensino de qualidade e não medem esforços para incentivar a pesquisa por novas metodologias de ensino, a fim de que ele seja acessível a todos. Somos muito gratos pelo trabalho de editoração da obra e pelo apoio a este projeto, o qual não tem fins lucrativos. Agradecemos à Fundação e ao Centro Universitário, especialmente à/ao:

- *Dr. José Antonio Mendes – Reitor.*
- *Sr. Fernando Fernandes Alvares Leite – Presidente da Fundação.*
- *Sr. Me. Francisco Eliseo Fernandes Sanches – Diretor administrativo-financeiro da Fundação.*
- *Prof. Dr. Olavo Raymundo Jr – Pró-reitor de graduação.*
- *Prof. Dr. Marcelo Augusto Marretto Esquisatto – Pró-reitor de pós-graduação e pesquisa.*
- *Profa. Ma. Cristina da Cruz Franchini – Coordenadora de Comunidade e Extensão.*

Um agradecimento mais que especial ao professor Marcelo Gleiser pela generosidade, pelo incentivo e, principalmente, pela inspiração. Obrigado pelas palavras.

Agradecemos ainda ao Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN), à Universidade do Estado do Amazonas (UEA), ao Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS) e à Rede ICM de Educação pelo apoio aos profissionais autores.

Aos nossos queridos alunos, fonte de inspiração constante, com os quais aprendemos muito em nossa jornada diária.

Aos nossos filhos, verdadeiros "consultores técnicos" e grandes incentivadores desta obra: Guilherme Ortolani Maceti, Théo Santos de Medeiros Teixeira, Emanuel Piazentino Massano Rodrigues, João Pedro Andreoli de Souza, Ana Beatriz Andreoli de Souza, Pedro Prina de Oliveira Awano, Henrique Barsotti Saggioro e Gustavo Barsotti Saggioro. Esta obra é dedicada a vocês!

Aos canais "Física in Mãos" e "Tal Pai, Tal Físico", de autores desta obra, que buscam incentivar o conhecimento científico.

Esperamos inspirar a criatividade e o gosto pela Física.

Boa viagem!

SUMÁRIO

PREFÁCIO 19
ESSES SUPER-HERÓIS 21
SUPER-HERÓIS 23
POR QUE PRECISAMOS DE HERÓIS? 25
FÍSICA, ESSA LINDA! 29
MILAGRES TERMODINÂMICOS 41
ENTÃO VAMOS LÁ... COMO ESTUDAR FISICA? 43
RESOLVENDO OS PROBLEMAS 45
A FÍSICA DOS SUPER-HERÓIS 47

MECÂNICA 50
Lançamento Vertical e Leis de Newton 50
Gravitação Universal 52
Variação e Conservação da Quantidade de Movimento 57
Energia e Potência associadas aos movimentos 60
Forças Resistentes 64
- Força de Atrito 64
- Arrasto 67
- Hidrostática 68

ONDULATÓRIA 70
Som 70
Movimento Oscilatório 73

ÓPTICA 75
Formação e Detecção de Imagens 75
Cores 77

TERMODINÂMICA 79
Temperatura 79
Calor e Trabalho 80

ELETRICIDADE E MAGNETISMO 83
Eletrostática 83
Corrente Elétrica e Campo Magnético 83

FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO 86
Semicondutores 86
Células Solares 88
Transistores e Eletroimãs 88

FÍSICA MODERNA 90
Física Atômica 90
Lei do Cubo-Quadrado 90

ASTROFÍSICA 92
Estrela de Nêutrons 92
Zonas Habitáveis no Cosmos 93

MECÂNICA QUÂNTICA 95
Universo Paralelo 95
Paradoxos sobre viagem no tempo 96
Relatividade 98

CONSIDERAÇÕES 100

SUPERPOWER LESSONS ON TED ED 101

NOSSO HERÓI - CAPITÃO MEGA PI (Mn) 103

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO 108

RESOLUÇÕES 269

MATRIZ DE COMPETÊNCIAS 366

LISTA DE REFERÊNCIAS DAS FIGURAS UTILIZADAS NOS EXERCÍCIOS.....379

BIBLIOGRAFIA 386

AUTORES.....395

PREFÁCIO

De Marcelo Gleiser

Física é uma daquelas matérias que, infelizmente, assusta muita gente. Tem aquela reputação de ser muito "difícil", meio que inacessível a meros mortais, coisa de gênio. Grande besteira. Física é como nós, seres humanos, descrevemos o que vemos do mundo, tanto por meio dos nossos sentidos (ver, tocar, cheirar, ouvir, degustar) como dos nossos instrumentos, que são uma espécie de amplificadores da realidade. Eles permitem que possamos enxergar muito mais longe do que com nossos olhos, ouvir sons que nossos ouvidos não captam, ver criaturas e objetos invisíveis a olho nu. A ciência pode sim ser perfeitamente acessível aos alunos e aos interessados, contanto que seja bem ensinada.

É aqui que entra o desafio: não só ensinar ciência, mas ensinar ciência de forma a encantar os alunos, como se o próprio processo de aprendizado fosse algo meio mágico, os professores passando uma espécie de código secreto, o conhecimento da natureza aos iniciados nas artes científicas. Essa é a grande questão. Grandes professores sabem que o mais essencial no ato de ensinar é despertar a curiosidade no aluno, é fazer com que ele ou ela queira aprender cada vez mais. Ensinar é nutrir a curiosidade, aquela vontade de querer saber mais.

E é por isso que a publicação do *Física com Super-Heróis*, inteiramente grátis, deve ser celebrada. Nascido de uma colaboração que atravessa o Brasil, reunindo 14 professores, o livro ensina os conceitos básicos da Física, explorando a ciência possível e impossível dos super-

heróis. Com isso, adiciona um aspecto essencial ao ensino, a dimensão lúdica que faz com que aprender seja divertido. Como mencionam os autores na citação do Einstein, "Jamais considere seus estudos como uma obrigação...", o aprender é uma grande porta para um mundo melhor, tanto para você como para os que vão desfrutar do seu conhecimento. Nesse manual fantástico, divertido, bem escrito e muito bem-humorado, os alunos vão aprender brincando, entendendo bem a diferenciar as fronteiras entre o possível (o que obedece às leis da natureza) e o impossível, que define, afinal, os superpoderes da maioria dos heróis de ficção.

E os super-heróis de verdade? Pois é, esses são os que dedicam seu tempo e talento a ensinar aos outros o que aprenderam, que inspiraram seus alunos a seguir uma carreira científica, a querer "mudar o mundo", a querer "salvar o mundo" por meio do que podemos, de fato, fazer, que é aplicar nosso conhecimento científico para aliviar o sofrimento humano. Estão vocês todos de parabéns, e que a força esteja convosco e com seus alunos.

Marcelo Gleiser

Hanover, 28 de dezembro de 2020.

ESSES SUPER-HERÓIS

Desde muito cedo, como toda criança, tinha alguns heróis preferidos. Entre os pontos de admiração, destacavam-se a força demonstrada, a energia reluzente emitida por alguns deles e a aceleração e a velocidade impostas durante os momentos que saiam voando, percorrendo os telhados ou pendurados em uma teia presa aos edifícios. Mesmo sem entender de Física, era impossível não reconhecer nela os encantos que tornam os heróis tão especiais, diferentes e versáteis.

Com o tempo, passei a admirar novos heróis. A escola me apresentou alguns deles. Primeiro como aluno, depois feito professor. E foi assim que, no Centro Universitário da Fundação Hermínio Ometto, conheci alguns dos autores deste livro. De fato, nem todos os heróis vestem capa, alguns usam jaleco.

São professores e educadores apaixonados pela Física, profissionais talentosos, com dons e poderes especiais. Na sala de aula e nos laboratórios, vão espalhando saberes, revelando os mistérios da natureza, decifrando enigmáticos problemas. Em um toque mágico, a Física, antes tão complexa e distante, mostra-se fácil, interessante, fascinante. Os alunos passam a ser seus fãs e admiradores.

Sou testemunha desta história, que pode ser comprovada, especialmente, no diálogo com os nossos alunos dos cursos de engenharia. A disciplina de Física apresentada no início do curso, torna-se uma das preferidas, e os seus professores, lembrados durante todo o curso, ficam eternizados no coração dos alunos.

Realmente os super-heróis existem! Catorze deles estão aqui. Cada qual com seu poder, mas com uma missão única: proporcionar de uma maneira leve e bem-humorada a transmissão do conhecimento científico e as belezas da Física.

Uma legião de novos heróis, com a coragem de fazer mudança.

Sejam bem-vindos, afinal, a força está com vocês!

Prof. Dr. José Antonio Mendes

Reitor – Centro Universitário da Fundação Hermínio Ometto

SUPER-HERÓIS

Os super-heróis são produtos da literatura estadunidense, resultado de condições históricas específicas: a falta de entretenimento em uma época de grande crise econômica.

É óbvio que o objetivo das narrativas dos super-heróis não é ter uma história extraída da realidade (mesmo que possa conter elementos dela), mas sim uma história de encantamento. Assim, um recurso muito comum nos quadrinhos é a quebra da expectativa, em que se mostra algo diferente do que é esperado, quando muitas vezes são criadas cenas propositalmente contrárias ao senso comum.

Este livro tem como objetivo expor uma perspectiva diferente em relação às histórias em quadrinhos, identificando aplicações da ciência aos superpoderes de conhecidas personagens.

Com a intenção de encaminhá-lo à abordagem do conhecimento científico em linguagem bem-humorada, a obra parte do pressuposto de que os super-heróis existem e, dessa forma, eleva a discussão a um novo patamar direcionado a uma premissa típica das histórias em quadrinhos, ou seja, "o que aconteceria se...", para explicar os problemas científicos e lógicos caso a história funcionasse como descrita, tendo em vista o princípio cosmológico, e fornecer um equilíbrio entre o possível e o impossível na física dos super-heróis de quadrinhos.

Começaremos com uma rápida abordagem de alguns conteúdos, com base no universo de heróis e, na sequência, apresentaremos os exercícios de aplicação. As resoluções encontram-se ao fim do livro.

Bons estudos!

Jamais considere seus estudos como uma obrigação, mas como uma oportunidade invejável para aprender a conhecer a influência libertadora da beleza do reino do espírito, para seu próprio prazer pessoal e para proveito da comunidade à qual seu futuro trabalho pertencer.

Albert Einstein

POR QUE PRECISAMOS DE HERÓIS?

Vira e mexe, lemos ou ouvimos um comentário irônico (ou jocoso) sobre quão "nerd" e "infantil" é o interesse de garotos e garotas pelos super-heróis dos quadrinhos e da TV. E aí, tem gente que fala: "Puxa, fulano é o maior marmanjão e ainda gosta de ler/assistir essas coisas..."; "Jogar RPG curtindo essas histórias, então? Que absurdo!"; "Essa gente não tem vida!"; e outras coisas do tipo são os comentários da maioria.

E aí nos perguntamos qual é a diferença entre o vício dos outros marmanjões e marmanjonas que jogam videogame ou passam a noite em uma fila de pré-estreia de um filme baseado nos quadrinhos das décadas de 50, 60 ou 70. Nem precisa ir tão longe: se é tão "nerd" e "infantil", por que esses filmes são *blockbusters*? Por que as séries de TV vão e voltam entre esses temas? Por que os filmes de vinte anos atrás têm sido refeitos, às vezes com a mesmas histórias, só para atualizar o contexto, e continuam faturando milhões? Por que homens e mulheres jogam tanto videogame, tentando salvar povos, cidades, países, mundos e universos de alguém que quer fazer mal a eles?

A explicação é simples: nós precisamos de heróis. Nosso mundo nos atropela com tanta informação, que o longe e o perto são conceitos cada vez mais distorcidos, conforme a tecnologia se desenvolve, que a gente vai se sentindo autossuficiente.

Com essa autossuficiência, vem a tendência ao silêncio, ao isolamento, ao não se importar com o que acontece do lado. E ao não se

importar com o que acontece do lado, tendemos a ficar com medo do que acontece ao lado; assim, o coitado com a bateria arriada na pista, à noite, pode ser um assaltante; o pobre mendigo que só queria um bom-dia, um drogado perigoso; o estranho pedindo informação, um inimigo pronto a enfiar uma arma na barriga (ou um sopapo mesmo) para levar o pouco que você tem e conseguiu manter na "segurança" desse semi-isolamento.

Aí, dá para entender por que tantos jovens (e nem tão jovens, ao menos no RG) precisam desesperadamente se apegar à ideia de um herói destemido, invencível, sem medo; isso parece algo crescente. Não temos segurança, e daí vem o medo. Com medo, não se demonstra boa vontade, e aí tem mais medo e insegurança...e o mundo fica como está.

O herói é uma figura muito forte. Apesar de tão forte e resistente, ele também tem fraquezas. No entanto, a força dele, a que nos referimos, não é um raio *laser* ou ser capaz de voar ou atravessar uma parede com um murro. O herói é herói porque ele encara o perigo; ele encara o medo e faz isso pelas razões que importam: a vida, a liberdade, aqueles que ama, seu povo. Ele se põe diante do mais fraco para protegê-lo e faz com que o desesperado volte a ter esperança. Ele é o último recurso...e consegue. Por quê? Porque ele supera o medo. Talvez seja por isso que esses mitos fazem parte do imaginário infantil, porque ensinam as crianças a não ter medo do mundo, a fazer o que é certo, a ter princípios que vão além da religião ou do interesse, porque valem para todos.

Deveríamos ter mais heróis. Heróis com a coragem de fazer mudanças, a coragem de enfrentar o crime e a corrupção. Coragem de

punir quem está errado. Sabemos que precisamos disso – é só ver o que sentimos quando um corrupto vai de fato para cadeia. Quando um bombeiro sai vivo de uma casa com uma criança no colo. Quando um povo se livra de um tirano. Quando um acordo de paz é fechado, a despeito das disputas.

Por isso, gente, vamos honrar os nossos heróis de "brincadeira". Que mal há se alguém cultua seus heróis? Seria melhor honrar os heróis "de mentira", mas que trazem valores de verdade, do que honrar os heróis de hoje em dia, que trazem valores... peraí, que valores? Dinheiro? Imagem?

Que os verdadeiros heróis nos inspirem.

"Que a Força esteja com vocês!"
"Para o alto e avante!"
"Ao infinito e além!"

Herói sem face

"Sempre há pessoas com quem se importa e não sabe o quanto até que se vão. A ideia era ser um símbolo. O Batman… podia ser qualquer um." – Bruce Wayne.

"Mas as pessoas não deveriam saber que herói as salvou?" – Comissário Gordon.

"Um herói pode ser qualquer um. Até um homem fazendo algo simples e reconfortante como botar um casaco nos ombros de um menino para ele saber que o mundo não acabou." – Batman.

(**Batman – O Cavaleiro das Trevas Ressurge**)

"Renda-se, como nós nos rendemos.
Mergulhe no que você não conhece,
como nós mergulhamos.
Não se preocupe em entender,
Viver ultrapassa qualquer entendimento..."
(Clarice Lispector)

FÍSICA, ESSA LINDA!

É só ouvir a palavra "Física" e todo mundo já sai apavorado. Comumente associa-se Física a termos como "Difícil Pacas", "Chatice" ou "Coisa de Louco"! Mas a coisa não é tão feia quanto parece. Aliás, até que ela é bonitinha. Ousamos dizer até que "a Física é linda"! Mas, afinal, o que é Física?

Desde pequenino, quando pela primeira vez abriu seus olhos, ouviu o bater do coração de sua mãe e sentiu sua temperatura, segurou sua mamadeira, teve contato com seus brinquedos de montar, derrubou os brinquedos do berço, tomou sopa e destruiu sua casa, jogando as coisas pelo chão, deu-se início ao seu processo de aprendizagem de Física. E não parou por aí...

Você aprendeu a andar de bicicleta, a atravessar uma rua movimentada, a jogar bola, sinuca, a apertar um parafuso. Utilizamos fornos micro-ondas, aparelhos telefônicos, computadores, refrigeradores e chuveiros elétricos. Cada situação dessas é uma verdadeira aula prática de Física.

E tantas são as perguntas que somos levados a fazer, tantos são os porquês aos quais gostaríamos de dar uma resposta. Por que vemos nossa imagem refletida no espelho? Por que uma maçã cai no chão? Por que a Lua não se precipita ao solo como uma pedra (ou a maçã de Newton)?

Procurar respostas para essas e outras infinitas perguntas, como "de onde viemos?" e "aonde iremos?", constitui uma necessidade instintiva que é tão antiga quanto o homem.

A Física (do grego *physis*, 'natureza') é a ciência que se propõe a descrever e a compreender os fenômenos que se desenvolvem na natureza. Ela não é um conjunto de conhecimentos completos e imutáveis; ao contrário, ela é algo que cresce e também se modifica. Constantemente, surgem novos campos de estudo, e fenômenos que aparentavam ser independentes, sem qualquer relação entre si, passam a se revelar como aspectos diferentes de um único fenômeno mais geral. A cada dia, novos fenômenos são descobertos e, com eles, novas leis devem ser propostas e novas teorias elaboradas.

Originalmente, chamavam-se "físicos" todos aqueles que se dedicavam ao estudo da natureza. Mais tarde, com o desenvolvimento do conhecimento, o campo de atuação subdividiu-se em várias partes, que se tornaram capítulos separados da Ciência. Assim, a Astronomia estuda os corpos celestes, a Biologia tem por objeto de estudo os seres vivos, a Química estuda as transformações das substâncias, e assim por diante.

E a Física, mais precisamente, do que se ocupa? É difícil definir com precisão seu campo de ação, porque ela não tem contornos bem delimitados e se encontra em contínua evolução. Dizemos que a Física é uma "ciência de fronteira". Há algum tempo, dizia-se que a Física estudava os fenômenos da natureza não viva, que não houve grande participação dos aspectos químicos (que regem as transformações das substâncias) nem astronômicos (que dependem do movimento e das

propriedades dos corpos celestes). Essa, porém, é uma definição muito aproximada e um pouco simplista. O que caracteriza a Física não é tanto seu conteúdo, mas sim seu método, que se chama método experimental. Ele se fundamenta nas observações e nas experiências, e permite formular as leis físicas, habitualmente expressas por fórmulas matemáticas.

A introdução da investigação experimental e a aplicação do método matemático contribuíram para a distinção entre Física, Filosofia e religião, que, originalmente, tinham como objetivo comum compreender a origem e a constituição do universo.

Em seu livro "Física em Seis Lições" (*Lectures on Physics*), o famoso físico norte-americano Richard P. Feynman relata com muita propriedade o uso das diferentes ciências na explicação do mundo que nos cerca:

> (...) Disse certa vez um poeta: 'Todo o universo está num copo de vinho'. Certamente, jamais saberemos o que ele quis dizer, pois os poetas não escrevem para serem entendidos. Mas é verdade que, se examinarmos um copo de vinho bem de perto, veremos todo o universo. Há as coisas da física: o líquido vivo que evapora dependendo do vento e do clima, os reflexos no copo, a nossa imaginação acrescenta os átomos. O copo é uma destilação das rochas da Terra e, em sua composição, vemos os segredos da idade do universo e da evolução das estrelas. Que estranho arranjo de substâncias químicas está no vinho?

> Como vieram à existência? Há os fermentos, as enzimas, os substratos e os produtos. Ali no vinho encontra-se a maior generalização: toda a vida é fermentação. Ninguém descobre a química do vinho sem descobrir, como Louis Pasteur, a causa de muitas doenças. Como é vivo o clarete impondo sua existência à consciência que o observa! Se nossas pequenas mentes, por alguma conveniência, dividem o copo de vinho, o universo, em partes – física, biologia, química, geologia, astronomia, psicologia e assim por diante – lembre-se de que a natureza as ignora! Assim, reunamos tudo de volta, sem esquecer para que serve afinal. Que nos conceda mais um último prazer: bebê-lo e esquecer tudo isso! (Feynman, 2008, p. 52).

Não é a mais pura verdade? Nós dividimos o mundo em partes, mas nos esquecemos de juntar tudo novamente.

Por que passar horas estudando fenômenos estranhos à sua busca cotidiana, como alavancas, espelhos e lentes? Porque é assim que o corpo humano funciona.

Foi a Física, com a invenção do microscópio, que possibilitou o conhecimento da existência de células e bactérias. Não por acaso foram físicos que mudaram a história da engenharia genética, ao utilizar técnicas inovadoras para descobrir a estrutura de dupla hélice do DNA. Isso sem

falar de pressões (arteriais, osmóticas), da visão e da audição e de toda a movimentação do corpo.

A medicina utiliza com muita propriedade suas ferramentas, como tomógrafos, raios *laser*, raios X, estetoscópios, entre outras.

As alavancas utilizadas em artes marciais, como o judô, o jiu-jitsu e o aikido, que, além de alavancas, também utiliza a energia do oponente a seu favor, os movimentos de rotação no balé, os impulsos elétricos que caminham pelo corpo e podem ser utilizados em práticas de fisioterapia, as transformações de energia que ocorrem no corpo humano e são utilizadas para a prática de todos os tipos de esportes físicos ou mentais, como é o caso do jogo de xadrez estudado pelos físicos. Uma pessoa concentrada, como em um jogo de xadrez, consome tanta energia como uma lâmpada de 100 W.

Utilizamos conceitos importantes de temperatura e calor, de máquinas centrífugas, de fenômenos como decantação e eletricidade no corpo humano, além dos efeitos ópticos e acústicos, como a transmissão do som, as cordas vocais, a transmissão elétrica (do ouvido para o cérebro), as ondas (reflexões e transmissões), entre outros.

O uso de modernas teorias físicas de redes neurais, transmissão e armazenamento de informações no cérebro humano serve de fonte de estudos para se entender o funcionamento do cérebro.

Quando vamos a um consultório odontológico, por exemplo, deparamo-nos com novos materiais (na restauração e no maquinário), ar comprimido, cadeiras hidropneumáticas, iluminação adequada, instrumentos de assepsia como lâmpadas ultravioleta e, atualmente, o raio *laser*.

Assim, não encontramos um ramo do conhecimento humano que não utilize as leis da Física e suas contribuições para as revoluções históricas, por exemplo, como a Revolução Industrial e a Era Quântica. A Física está presente na Geografia, com o estudo do clima, nas perícias técnicas para os advogados, em medições de impactos ambientais, por meio de sofisticados equipamentos e em computadores, que se utilizam de uma invenção da Física que revolucionou o mundo da informática, a linguagem de hipertexto, padrão de comunicação para a rede mundial de computadores.

Em casa, também utilizamos as ideias da Física ao cozinhar um alimento, ligar o chuveiro elétrico, utilizar o micro-ondas e, até mesmo, na escolha do que desligar na hora do racionamento de energia elétrica. Não podemos nos esquecer dos óculos, dos eletrodomésticos, de ferramentas simples, como chaves de fenda e martelos (até o de "bater carne"), e dos novos materiais que invadem nossas casas todos os dias.

Muitas pessoas ainda criticam a Física (e as ciências em geral) por contribuir para a deterioração do mundo, com a utilização de agrotóxicos, da bomba atômica e de máquinas poluentes. Contudo, essas mesmas pessoas se esquecem de que, se não fossem as máquinas (tratores, colheitadeiras, caminhões), os processos de estoque e transporte, os telefones e, até mesmo, o arado e a enxada, a comida no mundo hoje não seria suficiente para um bilhão de habitantes. Neste início de século XXI, já passamos dos seis bilhões de habitantes. Quem se mudaria deste planeta para não morrer de fome? E como se mudaria sem os foguetes? Que facção política ou religiosa tratou o homem como igual, sendo ele branco, negro, pobre ou rico? A revolução industrial, por

exemplo, deu a ele poder de compra e, gradativamente, respeito. Pergunte a uma pessoa que faz tratamento para câncer, utilizando radiação, se ela preferiria que isso não tivesse sido descoberto.

Segundo o bioquímico Isaac Asimov, em seu livro "Antologia – Volume 2" (1983):

> (...) Não terão a ciência e a tecnologia promovido toda sorte de efeitos colaterais, da ameaça de uma guerra nuclear à poluição sonora do rock pesado (não compartilho desse pensamento – "I Love Rock'n'Roll"), transmitido pelos aparelhos de rádio transistorizados? Sim, isso não é novidade. Cada pequeno avanço tecnológico trouxe mais alimento para a humanidade – e tornou as guerras mais mortíferas. A utilização do fogo trouxe iluminação, calor e alimentos mais abundantes e de melhor qualidade – e a possibilidade de incêndios premeditados e da condenação à morte numa fogueira. O desenvolvimento da fala tornou o homem humano – e, ao mesmo tempo, mentiroso. A escolha entre o bem e o mal cabe ao homem.

O problema não é o conhecimento em si, mas o que fazemos com ele – a questão é a ética no uso de sua área do conhecimento e a tolerância com as diferenças entre elas.

Um bom curso de exatas deve formar profissionais qualificados, com alto senso ético e respeito pela natureza. Como muito bem

trabalhado pelo físico Marcelo Gleiser, ciência e espiritualidade não são excludentes:

> (...) de certa forma, a ciência é um flerte com o mistério. E isso tem um componente espiritual muito profundo, pois é como nos relacionamos com algo muito maior do que nós somos. É óbvio que a ciência tem uma metodologia e quando escrevo meus artigos sobre estrelas e partículas, sou bastante rigoroso quanto a isso. Mas se você pensa no contexto cultural e emocional do processo científico, existe uma componente que eu diria ser essencialmente religiosa. (SALGADO, 2019, s/p).

Devemos nos lembrar das sábias palavras do famoso físico alemão Albert Einstein, quando dizia que o ser humano vivencia a si mesmo e a seus pensamentos como algo separado do resto do universo, em uma espécie de ilusão de ótica de sua consciência. Essa ilusão é um tipo de prisão que nos restringe a nossos desejos pessoais, aos conceitos e ao afeto apenas pelas pessoas mais próximas. Assim, nossa principal tarefa é nos livrarmos dessa prisão, ampliando o nosso círculo de compaixão, para que ele possa incluir todos os seres vivos e toda a natureza em sua beleza. Ninguém conseguirá atingir completamente esse objetivo, mas lutar por essa realização já é, por si só, parte de nossa liberação e o alicerce de nossa segurança interior.

A Física é extremamente significativa e influente, e sua evolução é frequentemente traduzida no desenvolvimento de novas tecnologias. Nesse contexto, tivemos a chance de testemunhar, ao longo da história

recente da humanidade, o desenvolvimento de aviões e foguetes, os quais têm sido utilizados para as mais variadas finalidades (pacíficas e militares), da ressonância magnética, utilizada no diagnóstico de diferentes tipos de doenças, dos computadores e celulares, os quais podem conectar pessoas ao redor do mundo em tempo quase real, a partir de tecnologias em satélites artificiais, como elos na comunicação e na transferência de dados.

Assim, é muito fácil perceber que a Física não é uma ciência estática e suas descobertas (inovações/aplicações) acabam impactando a sociedade diuturnamente.

Nesse contexto, poderíamos nos perguntar: "E como será a Física do futuro?". Você pode fazer uma viagem hipotética pelos próximos 100 anos de inovação, junto com o físico Michio Kaku, em "A Física do Futuro" (2011), sobre como a ciência moldará o destino da humanidade e o nosso cotidiano nas próximas décadas, o rápido avanço de computadores, telecomunicações, biotecnologia, inteligência artificial e nanotecnologia. Assim, você poderá visualizar como a Física é linda e entender que o maior desafio para a sociedade do futuro será continuar investindo no desenvolvimento científico e tecnológico.

Conhecer a sua "ciência" requer conhecer não apenas os conceitos que a envolvem, mas também os pensamentos e os pensadores que a edificaram. A história da nossa área de estudos é vital para que possamos edificar nosso conceito de ciência e cultura. Não se faz ciência sem paixão, assim como não se produz um belo texto ou uma música de qualidade.

Podemos entender a beleza dessa visão holística por meio destes dois trechos maravilhosos, de dois grandes "cientistas-poetas", ambos agraciados com o prêmio Nobel:

> (...) Von Holst buscou sua viola, sentou-se entre os dois rapazes e juntou-se a eles na execução da Serenata em ré maior, uma obra da juventude de Beethoven. Ela é transbordante de alegria e força vital: a confiança na ordem central dissipa a covardia e o cansaço. Enquanto eu ouvia, fortaleceu-se minha convicção de que, avaliadas pela escala temporal humana, a vida, a música e a ciência prosseguiriam para sempre, ainda que nós mesmos não sejamos mais que visitantes transitórios, ou nas palavras de Niels Bohr, simultaneamente espectadores e atores do grande drama da vida. (HEISENBERG, 1996, p. 286).

> (...) Mas a mais notável descoberta em toda a astronomia é o fato de que as estrelas constituem-se de átomos da mesma espécie dos da Terra. (...)
> Uau, que pressa! Quanta coisa contém esta frase nesta breve história. "As estrelas constituem-se dos mesmos átomos que a Terra". Normalmente, escolho um pequeno tema como este para dar uma palestra.
> Dizem os poetas que a ciência retira a beleza das estrelas – meros globos de átomos de gás. Nada é "mero". Também sei contemplar as estrelas em

> uma noite no deserto e senti-las. Será que vejo menos ou mais? A vastidão do firmamento estende minha imaginação – preso neste carrossel, meu olhinho consegue captar luz com um milhão de anos. Um vasto padrão – do qual faço parte -, talvez minha matéria foi expelida por alguma estrela esquecida, como uma está expelindo ali. Ou vê-las com o olho maior do observatório de Palomar, afastando-se céleres de algum ponto inicial comum onde estiveram talvez todas reunidas. Qual o padrão, o significado, o porquê? Não prejudica o mistério saber um pouco sobre ele. Pois a verdade é mui mais maravilhosa do que qualquer artista do passado imaginou! Por que os poetas do presente não falam a respeito? Que poetas são esses capazes de falar de Júpiter se for como um homem, mas que se for uma imensa esfera girante de metano e amônia têm de se calar? (FEYNMAN, 2008, p. 48).

Poético e ao mesmo tempo científico, não?!

Achamos a Física algo fascinante. Dedicamos nossas vidas a essa área do conhecimento por, exatamente, enxergar o seu potencial criador e interdisciplinar. Cada parte do conhecimento humano, seja ele científico, artístico ou mesmo espiritual, torna-nos mais humanos, no sentido mais amplo da palavra.

Assim, fazemos um pedido: não se rotule nem se deixe rotular por "sou dessa ou daquela área (humanas, exatas ou biológicas)". Entenda que o conhecimento é um todo e que o mundo precisa de profissionais com visões amplas. Não se deixe levar por pessoas que dizem que "isso é muito difícil" ou que "você está perdendo tempo estudando". Mantenha o foco e conseguirá conhecer lugares e um mundo que os acomodados não conseguirão, e não nos referimos aqui às viagens apenas físicas.

Você pode! Faça a diferença!

Que a massa vezes a aceleração esteja com você!

MILAGRES TERMODINÂMICOS

(Diálogo do Filme *Watchmen* entre Dr. Manhattan e Laurie Juspeczyk, a Espectral)

Laurie: *Mas… você disse o tempo todo que a vida não tem sentido. Então, como…*

Dr. Manhattan: *Eu mudei de ideia.*

Laurie: *Mas… por quê?*

Dr. Manhattan: *Milagres termodinâmicos… eventos tão improváveis que são impossíveis na prática, como oxigênio virar ouro espontaneamente. Eu quero muito observar algo assim. No entanto, em cada par humano, milhões de espermatozoides avançam rumo a um só óvulo. Multiplique as possibilidades por incontáveis gerações, junte a chance de seus ancestrais estarem vivos; de se encontrarem; de conceberem esse precioso filho; essa exata filha… Até mesmo sua mãe amar um homem que tinha todas as razões para odiar, e dessa união, das milhões de crianças competindo pela fertilização. Foi você, apenas você que emergiu… extraindo uma forma específica desse caos de improbabilidades, como o ar se transformando em ouro… Isso é o pináculo do improvável. O milagre termodinâmico.*

Laurie: *Mas… se eu, meu nascimento, se isso for um milagre termodinâmico… pode-se dizer o mesmo de qualquer pessoa no mundo!*

Dr. Manhattan*: Sim. Qualquer pessoa no mundo. Mas o mundo é tão cheio de pessoas, tão repleto desses milagres que eles se tornam lugar comum e noós esquecemos… eu esqueci. Nós contemplamos continuamente o mundo e ele se torna opaco às nossas percepções. No entanto, encarado de um novo ponto de vista, ainda pode nos tirar o fôlego. Vamos… enxugue as lágrimas, porque você é vida, mais rara do que um quark e mais imprevisível do que qualquer sonho de Heisenberg; a argila*

na qual as forças que moldam a existência deixam as impressões digitais mais visíveis. Enxuge as lágrimas… e vamos para casa.

ENTÃO VAMOS LÁ...

COMO ESTUDAR FÍSICA?

Saiba como se dar bem nessa matéria tão interessante e fundamental em nossas vidas. Elencamos 13 passos para auxiliar nesse processo desafiador, porém prazeroso.

1. Saiba que Física não é tão difícil como dizem, mas requer atenção e esforço. Além disso, se você começar a estudar alguma coisa pensando nas dificuldades, jamais gostará de fazer nada.
2. Tenha em mente que ninguém receberá bons salários para fazer o que todos podem fazer. Saiba fazer mais, seja um profissional "raro"!
3. Faça uma leitura cuidadosa da teoria. Leia com calma e verá que é mais simples do que parece. Este livro é apenas um complemento. Retire os livros indicados na ementa para leitura. Seja um "rato de biblioteca" e verá que compensa, e muito, todo o esforço.
4. Algo para não se esquecer nunca: você não está perdendo tempo estudando. Está construindo um SONHO! Quando pensar em desistir, lembre-se de quantas pessoas sonham esse sonho com você (amigos, familiares...), feche os olhos e pense onde (e como) quer estar daqui há 10 anos.
5. Anote os tópicos mais importantes. Tenha as anotações sempre à mão para que, com a prática, as fórmulas entrem em sua cabeça para sempre.
6. Física não é Matemática. A Matemática é a língua que utilizamos para nos comunicar com a natureza.

7. Não pergunte nunca "que fórmula eu uso?", mas sim "como essa coisa funciona? Quais são as ideias envolvidas?".

8. É fundamental resolver os exercícios. Faça muitos exercícios, principalmente os repetitivos. Você somente assimilará o conteúdo de Física quando fizer os exercícios. Faça com calma e tire suas dúvidas o mais rápido possível.

9. Monte um grupo de estudo. É excelente para estimular um estudo mais aprofundado da matéria, além de ser divertido. Este livro surgiu de um belo trabalho em grupo!

10. Ensine. Depois que estiver dominando um assunto, procure pessoas para ensinar o que aprendeu. Pode ter certeza que você jamais esquecerá essa matéria.

11. Muitas pessoas trabalham e estudam. Por essa razão, muitas vezes, é preciso também se dedicar e estudar aos finais de semana.

12. Procure associar coisas do seu cotidiano com a matéria que está estudando. Você verá a utilidade de tudo que está estudando e assimilará mais rápido.

13. Tire dúvidas sempre! A única pergunta "idiota" é aquela que não é feita.

RESOLVENDO OS PROBLEMAS

Comece a olhar apaixonadamente para os problemas, como se olha para uma pessoa interessante e observa: "nossa, quando sorri, faz até covinha!".

É isso mesmo... Passe a observar a beleza nas coisas e não apenas a dificuldade.

- Primeiramente, não encare um problema como um monstro que vai te devorar, pense nele como uma diversão, um desafio que você tem que vencer para mostrar a você mesmo o quanto é capaz.
- Entenda o problema. O que ele busca? Quais são os dados?
- É possível satisfazer as condições? Elas são suficientes para determinar a incógnita? Ou são insuficientes?
- Faça uma figura. Outra, se necessário. Introduza notação adequada.
- Separe o problema em partes.
- Construa uma estratégia de resolução.
- Se você não consegue resolver o problema dado, tente resolver um problema parecido. Você consegue imaginar um caso particular mais acessível? Um caso mais geral e mais acessível? Você consegue resolver alguma parte do problema?
- Você está levando em conta todos os dados? E todas as condições?
- Examine a solução obtida.
- Verifique o resultado. Ele é possível? Você pode obter a solução de um outro modo?

- Qual é a essência do problema e do método de resolução empregado?

Em particular, você consegue usar o resultado, ou o método, em algum outro problema?

"Aquilo que observamos não é a Natureza em si, mas sim a Natureza exposta ao nosso método de questionar"
(Werner Heisenberg)

A FÍSICA DOS SUPER-HERÓIS

Albert Einstein, Isaac Newton e Galileu Galilei

Heróis da Física

Capitulo desenvolvido sobre o artigo publicado pelos autores - GONZAGA, L. A.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; LEVADA, Celso Luis. Física dos Super-heróis de Quadrinhos (HQ). Caderno de Física da UEFS, v. 12, p. 07-30, 2014.

Em qualquer tipo e manifestação de arte, pode-se acrescentar a ciência para transmitir um pouco do sentido de questionamento, inspiração dos cientistas. Mesmo não objetivando contar uma história

extraída da realidade, aventuras de super-heróis acabam por se tornar grandes veículos de divulgação científica, pois os quadrinhos frequentemente acertam em sua física.

Popularizadas na década de 1930, as histórias em quadrinhos contendo aventuras de personagens dotadas de superpoderes possibilitaram entretenimento em um período crítico da história dos Estados Unidos. Em meio à guerra e a escassez de recursos econômicos, as revistas comercializadas por preços relativamente baixos apresentaram a um público bastante diversificado seres dotados de habilidades incríveis preocupados em salvar e proteger a Terra de forças inimigas (GRESH e WEINBERG, 2005).

Ao longo dos anos, novas personagens e histórias foram criadas, aperfeiçoadas e, à medida que a concorrência entre as editoras aumentava, cada super-herói se tornava cada vez mais poderoso ao ponto em que ficou difícil encontrar ameaças para eles (KAKALIOS, 2009). Muitos heróis tiveram suas origens recontadas e seus poderes modificados para um acréscimo de plausibilidade às páginas de suas revistas (GRESH e WEINBERG, 2005).

Princípios científicos são ocasionalmente encontrados em quadrinhos da década de 1940, conhecida como a "Era de Ouro", mas são bastante comuns nas histórias dos anos 1950 e 1960, chamadas de "Era de Prata". Entre essas duas épocas, existiu a que foi chamada "Era Escura" dos quadrinhos, quando as vendas caíram e o conceito de super-herói foi atacado por educadores, psiquiatras e parlamentares (MOYA, 2009).

Com o lançamento do satélite soviético Sputnik, em 1956, e o fulgor da Guerra Fria, havia uma preocupação considerável sobre a qualidade de ensino de ciências que os estudantes norte-americanos estavam recebendo, fato que colaborou para a reformulação e a adoção de uma postura "científica" por parte das editoras nos anos seguintes (KAKALIOS, 2009).

A Física é uma ciência que estuda os fenômenos naturais, tentando, por meio de observação e experimentação, estabelecer leis e princípios para sua explicação (HALLYDAY, 2012).

A uma escala suficientemente grande, as propriedades do universo são as mesmas para todos os observadores (SAGAN, 1992), mas um herói típico, principalmente na Era de Prata dos Quadrinhos, normalmente ganharia seus poderes através de um mecanismo implausível (KAKALIOS, 2009). Por essa razão, a explicação dos superpoderes quase nunca é possível a partir de teorias conhecidas da Física. Por outro lado, é possível expor a Física aplicada a determinadas aventuras. Para isso, por não se tratar exatamente de uma história sequencial, onde uma acaba por contradizer a outra, escolhemos alguns clássicos dos quadrinhos para apresentar e trabalhar alguns conteúdos da Física.

MECÂNICA

Lançamento Vertical e Leis de Newton

Kal-El é um alienígena que, enviado ainda bebê para a Terra em uma nave construída pelo pai, prezando pela sua sobrevivência, mediante a explosão de seu planeta, foi adotado por um casal de fazendeiros com o nome de Clark Kent e se descobriu dotado de várias habilidades (ACTION COMICS, 1938).

Como a maioria dos super-heróis de sua época, Superman teve seus poderes aumentados com o passar dos anos. Quando surgiu, em 1938, ainda não voava, mas era capaz de saltar a uma altura de 200 metros (ACTION COMICS, 1938), o que significa que, no auge desse salto, sua velocidade final é zero (**Fig. 1**), caso contrário ele continuaria a subir. O motivo dessa desaceleração vem da gravidade que atua sobre ele, opondo-se à sua ascensão.

Fig. 1 – Superman no auge de seu salto.

O conceito original dos autores é de que a força do Superman foi resultado de ele ter nascido em um planeta com uma gravidade bem maior do que a da Terra (DC COMICS, 1949). Assim, considerando que a aceleração da gravidade na Terra seja 9,8 m/s², obtém-se pela **Equação (1)** que a velocidade inicial do Superman deve ser de 62,6 m/s.

$$\boldsymbol{v^2 = v_0^2 + 2.a.\Delta S}$$

(1)

$$\boldsymbol{0 = v^2{}_0 + 2.(-9,8).200}$$
$$\boldsymbol{0 = v^2{}_0 - 3920}$$
$$\boldsymbol{v^2{}_0 = 3920}$$
$$\boldsymbol{v = \sqrt{3920} = 62,6 m/s}$$

Para esse feito, o homem de aço se agacha e aplica uma grande força no chão, fazendo com que o chão o empurre em sentido contrário (3ª Lei de Newton). Se o tempo gasto por ele para empurrar o solo é de ¼ de segundo, então sua aceleração é de aproximadamente 250 m/s² (KAKALIOS, 2009).

$$\boldsymbol{I = \Delta Q}$$
$$\boldsymbol{F.\Delta t = m.v}$$
$$\boldsymbol{m.a.\Delta t = m.v}$$
$$\boldsymbol{a.0,25 = 62,6}$$
$$\boldsymbol{a = \frac{62,6}{0,25} = 250,4 m/s^2}$$

Adotando 100 kg como a massa do Superman, a força aplicada para capacitá-lo a esse salto, de acordo com a 2ª Lei de Newton, na **Equação (2)**, será de 25.000 N. Supondo que esta seja 70% maior que a força aplicada quando ele está simplesmente apoiado ao solo de Krypton (KAKALIOS, 2009), pela **Equação (3)**, reafirmando a equação anterior, seu peso lá seria de aproximadamente 15.000 N, ou seja, quase 15 vezes maior que a da Terra. Em outras palavras, a atração gravitacional de Krypton deveria ser 15 vezes maior.

$$\vec{F}=\mathrm{m}.\vec{a}$$

(2)

$$F = 100.250$$

$$F = 25000N$$

$$\vec{P} = m.\vec{g}$$

(3)

$$25000N = 1,7.P_{Krypton}$$

$$P_{Kypton} = \frac{25000}{1,7} = 14706N$$

Gravitação Universal

A fim de explicar as órbitas dos planetas, Isaac Newton elucidou a natureza da força que dois objetos exercem entre si através da Lei da Gravitação Universal (CARRON e GUIMARÃES, 1997), apresentada na **Equação (4)**.

$$\boldsymbol{F_g = \frac{G.M.m}{d^2}}$$

(4)

Se usarmos a massa do Superman (m = 100 kg), a massa e o raio da Terra, supondo que essa seja a sua distância até o centro do planeta (m_{Terra} = 5,972 × 10^{24} e R_{Terra} = 6371 km), e a constante gravitacional (6,67.$10^{-11}$$m^3$.$kg^{-1}$.$s^{-2}$), obteremos 981,5 N, que correspondem a seu peso na Terra, e encontraremos o valor correspondente à gravidade terrestre g = 9,81 m/s^2.

$$\boldsymbol{F_g = \frac{6,67.10^{-11}.5,972.10^{24}.10^2}{(6,371.10^6)^2} = \frac{39,83.10^{15}}{40,58.10^{12}}}$$

$$\boldsymbol{= 0,9815.10^3 = 981,5\ N}$$

$$\boldsymbol{P = m.g}$$

$$\boldsymbol{981,5 = 100.g}$$

$$\boldsymbol{g = \frac{981,5}{100} = 9,81 m/s^2}$$

A consequência da Lei da Gravitação Universal, de Newton, afirmando que a atração entre dois corpos diminui com o quadrado da distância entre eles, faz entender a forma esférica como a única forma estável que uma grande massa gravitacional pode manter. Também como consequência, é possível afirmar que o Mundo Bizarro, o planeta cúbico habitado pelos clones da Liga da Justiça (DC COMICS,1986), não deve ter mais do que 500 km de aresta nem possuir gravidade suficiente para

manter uma atmosfera, apesar de ilustrar um céu azul (**Fig. 2**), ou seja, o Mundo Bizarro é fisicamente impossível (KAKALIOS, 2009).

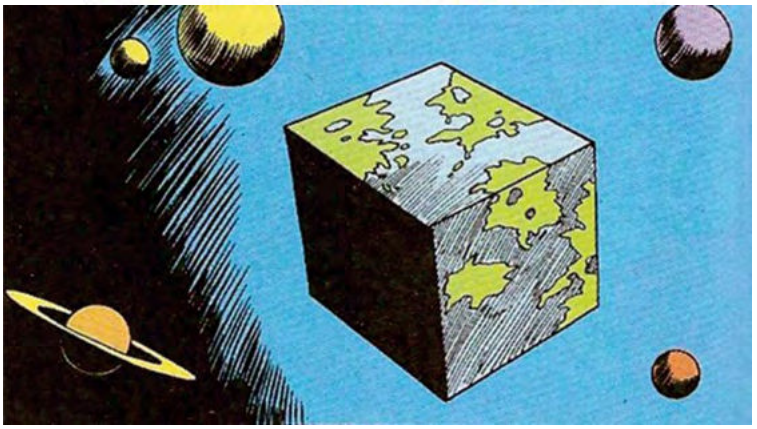


Fig. 2 – Mundo Bizarro, habitado por clones da Liga da Justiça.

Segundo a Teoria da Gravitação Universal, de Isaac Newton, a força gravitacional é diretamente proporcional ao produto das massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre elas (**Fig. 3**), que chamamos de força peso.

$$\boldsymbol{Fg = \frac{GMm}{R^2}}$$

$$\boldsymbol{Fg = P}$$

$$\boldsymbol{\frac{GMm}{R^2} = mg}$$

$$\boldsymbol{g = \frac{GM}{R^2}}$$

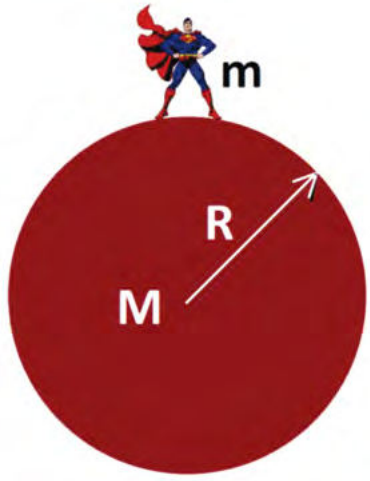


Fig. 3 – Força gravitacional.

A massa de um planeta pode ser escrita como sendo o produto do volume pela densidade.

$$\boldsymbol{M = \rho . V}$$

Trazendo Krypton de volta à pauta, se ele possui gravidade 15 vezes maior do que a da Terra, e tamanho semelhante, deduz-se que o planeta natal de Kal-El deveria ser 15 vezes maior em densidade que a Terra.

Caso, ainda, o planeta de Kal-El tenha uma composição similar à da Terra (mesma densidade), seu raio deveria ser diferente:

$$\boldsymbol{g = \frac{GM}{R^2}}$$

$$\boldsymbol{g = \frac{G\rho.V}{R^2}}$$

Considerando o planeta esférico, seu volume é dado por:

$$\boldsymbol{V = \frac{4}{3}\pi R^3}$$

$$\boldsymbol{g = \frac{G\rho.\frac{4}{3}\pi R^3}{R^2}}$$

$$\boldsymbol{g = [\frac{4}{3}\pi G\rho.]R}$$

A relação entre a aceleração da gravidade em Krypton (g_K) e na Terra (g_T) será dada por:

$$\boldsymbol{\frac{[\frac{4}{3}\pi G\rho.]R_k}{[\frac{4}{3}\pi G\rho.]R_T} = \frac{g_k}{g_T}}$$

$$\boldsymbol{\frac{R_k}{R_T} = \frac{g_k}{g_T}}$$

Como a gravidade de Krypton é 15 vezes maior, temos que:

$$\boldsymbol{\frac{R_k}{R_T} = \frac{15g_T}{g_T}}$$

$$R_k = 15R_T$$

(5)

Nesse caso, Krypton deveria ter um raio 15 vezes maior que o da Terra, como mostra a **Equação (5)**, fazendo com que Krypton tivesse um diâmetro de cerca de 191.343 km, ou seja, 1,34 vezes maior em diâmetro que Júpiter, o maior planeta do Sistema Solar.

Como o volume do planeta depende do raio elevado ao cubo, o volume de Krypton seria igual a 15^3 vezes o volume da Terra. Dessa forma, dentro de Krypton caberiam 3.375 Terras!

Sabendo que massa e volume de um corpo dependem do número de átomos e do espaçamento entre eles, e considerando que as propriedades da matéria funcionem da mesma forma que na Terra, a densidade de Krypton deveria ser de 75 g/cm^3. No entanto, se a densidade de Krypton fosse 5 g/cm^3 (igual à da Terra), seria um gigante gasoso incapaz de suportar a vida humanoide (KAKALIOS, 2009).

Variação e Conservação da Quantidade de Movimento

Peter Parker era um jovem estudante muito dedicado ao estudo de ciências que, ao participar de um experimento no laboratório de Física, adquiriu atributos aracnídeos ao ser picado acidentalmente por uma aranha radioativa. Criado pelos tios e frequentemente provocado pelo núcleo popular do colégio, em primeiro momento, Parker viu seus poderes como um caminho para a fama e a fortuna. Vivendo o deslumbre de sua potencial carreira, o jovem se recusa a ajudar um policial a conter um ladrão, o qual, posteriormente, viria a matar seu tio.

Como lição, a partir desse incidente, ele passa a se dedicar a combater o crime, sendo conhecido como Homem-Aranha (MARVEL, 1962).

Uma das características mais notórias a se considerar sobre esse super-herói é a capacidade de se balançar entre prédios preso por uma teia sintetizada por ele através de seus conhecimentos sobre Química e Mecânica, já que a capacidade de expelir teia orgânica não foi uma das características aracnídeas que ele, originalmente, adquiriu (GRESH e WEINBERG, 2005). No filme Homem Aranha, de 2007, ele passa a produzir sua própria teia.

A 2ª Lei de Newton afirma que, para mudar o movimento de um corpo, é necessária uma força. Caso contrário, o corpo continua em movimento uniforme, ou seja, constante em linha reta. Uma força somente pode produzir uma aceleração na direção em que atua, o que quer dizer que a gravidade só pode atrair um corpo em direção ao chão (**Fig. 4**). Quando o Homem-Aranha se balança de um prédio a outro, sua trajetória descreve uma curva, ou seja, mesmo que não exista mudança na velocidade, sua direção continuamente se altera (KAKALIOS, 2009).

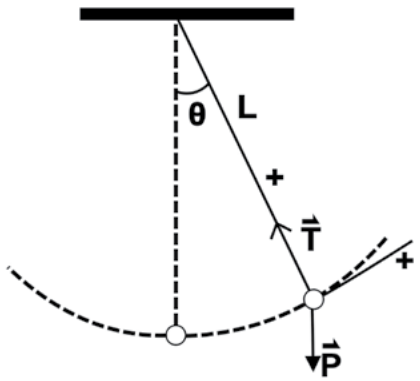


Fig. 4 – Forças agindo sobre o pêndulo.

A teia que suporta o Homem-Aranha fornece a ele duas forças, uma vertical para cima, que equilibra a força peso, e outra que o desvia para uma trajetória circular a determinada velocidade. Considerando que sua massa seja de 70 kg, que o Homem-Aranha esteja preso a uma teia de 50 metros de comprimento e tenha uma velocidade de 20 m/s no ponto mais baixo, tem-se que a tensão total no fio é dada pela **Equação (6)**.

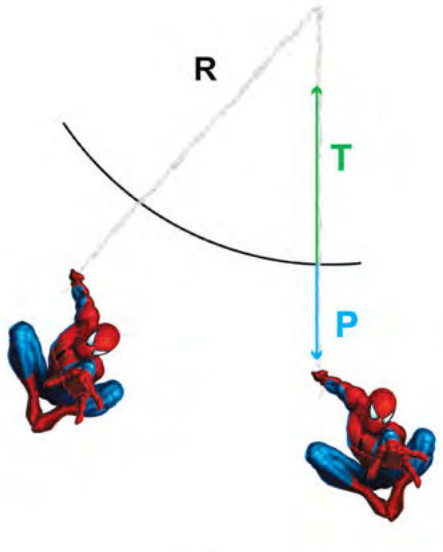


Fig. 5 – Balanço do Homem-Aranha em sua teia.

No ponto mais baixo da trajetória, tem-se que a força resultante é a centrípeta, ou seja, deve apontar para o centro da curva para manter o giro.

$$\boldsymbol{T - P = Fcp}$$

$$\boldsymbol{T - mg = \frac{mv^2}{R}}$$

$$\boldsymbol{T = mg + \frac{mv^2}{R}}$$

$$\boldsymbol{T = m(g + \frac{v^2}{R})}$$

(6)

$$\boldsymbol{T = 70(9{,}8 + \frac{20^2}{50})}$$

$$\boldsymbol{T = 1246\ N}$$

A teia orgânica de uma aranha comum, com espessura tradicionalmente bem menor do que a de um fio de cabelo, suporta mais de 25.000 N. A fibra que o Homem-Aranha emite aparenta ter no mínimo 1 cm de diâmetro, portanto é perfeitamente capaz de suportar o balanço do super-herói e de quem mais se fizer necessário (KAKALIOS, 2009).

Energia e Potência associadas aos movimentos

Energia pode ser definida como uma medida da capacidade de causar movimento (CARRON e GUIMARÃES, 1997). No ponto mais alto do seu balanço, o Aranha somente possui energia potencial, diferentemente do que ocorre no ponto mais baixo, onde há predominância de energia cinética. Se não existir força alguma, ele não pode subir a uma altura maior do que aquela em que iniciou o movimento, aliás, pelo atrito com o ar, ainda há uma perda de energia.

Portanto, sem atuação de uma força externa, a altura atingida será ainda menor (SAGAN, 2008), o que destaca o princípio da conservação da energia.

Um dos maiores clássicos da trajetória do Homem-Aranha envolve outra morte, dessa vez, a de sua namorada Gwen Stacy. Quando levada ao alto da torre da ponte George Washington pelo Duende Verde, um dos maiores inimigos do namorado, Gwen possui grande energia potencial gravitacional, demonstrada pela **Equação (7)**, tendo seu movimento inibido pela própria estrutura da ponte. Em certo momento, ela é atirada da torre, e a gravidade agindo sobre ela inicia uma aceleração que lhe confere o aumento de sua velocidade (MARVEL, 1973). A energia potencial gravitacional diminui quanto mais Gwen se aproxima da água, e, da mesma forma, pelo aumento na velocidade, há o aumento da sua energia cinética, como mostra a **Equação (8)**.

$$\boldsymbol{E_P = m.g.h}$$

(7)

$$\boldsymbol{E_C = \frac{m.v^2}{2}}$$

(8)

Entendendo (ou não) que, se atingisse a água, a energia cinética no corpo de Stacy seria toda transferida para esta, que lhe responderia com grande força (3ª Lei de Newton), o Homem-Aranha lançou sua teia, interrompendo a queda. Porém, o super-herói ficou chocado quando, ao trazê-la de volta, percebeu que ela estava morta. Na sequência, o Duende

Verde, vilão responsável pela queda, afirmou: "Ela morreu antes que a teia a pudesse alcançar. Uma queda daquela altura mataria qualquer um!" (MARVEL, 1973). Por esse argumento, a causa da morte de Gwen Stacy foi tida como uma das maiores controvérsias da história dos quadrinhos (KAKALIOS, 2009).

Sugerindo o cálculo das forças que atuaram sobre Gwen, se a altura média da torre da ponte é cerca de 180 metros (FORT LEE, 2011), e aparentemente sua queda se interrompe a pouco mais da metade dessa altura (MARVEL, 1973), ela teria sido alcançada após cair 100 metros (**Fig. 6**). Então, pela **Equação (9)**, obtém-se que a velocidade de Gwen quando agarrada pela teia era de cerca de 45 m/s.

Fig. 6 - Momento em que Gwen é morta.

$$v^2 = {v_0}^2 + 2.a.\Delta S$$

$$v^2 = {v_0}^2 + 2.g.h$$

$$v^2 = 0^2 + 2.9,8.100$$

$$v^2 = 1960$$

$$v = \sqrt{1960} = 44,27m/s$$

(9)

James Kakalios, professor da Universidade de Minessota, considerou que, tendo a teia propriedade elástica, o tempo gasto para, de fato, parar a queda de uma moça com massa aproximada de 50 kg seria de 1/2 segundo. Pela 2ª Lei de Newton, a qual afirma que, quanto menor o tempo disponível, maior deve ser a força aplicada para parar o corpo, determina-se que essa força foi de aproximadamente 4.500 N, ou seja, Stacy sofreu a ação de uma força de quase 10 vezes o peso de seu corpo, mais que suficiente para causar a morte por pescoço quebrado, considerando que, como se pode observar na Figura 6, ela foi pega pelos seus pés e isso causaria sérios danos à sua coluna vertebral. Esclarecida cientificamente essa questão, a editora publicou recentemente uma história em que o Duende Verde se retrata sobre o assunto.

$$F = m.a$$

$$F = \frac{m.\Delta v}{\Delta t}$$

$$F = \frac{50.45}{0,5} = 4500N$$

Em um de seus quadrinhos mais clássicos, o Flash, que será mais bem discutido posteriormente, , move-se na mesma direção e sentido de uma bala disparada e a faz parar no ar. Nessa ocasião, foi veiculada uma nota do editor com a informação de que o super-herói consegue conter o projétil, mantendo contato com ele por algum tempo até pará-lo (DC COMICS, 1961). A informação está correta, pois a bala só machucará alguém quando for desacelerada bruscamente, e o Flash tem velocidade suficiente para acompanhar um projétil perfeitamente aerodinâmico disparado por uma arma de conceituado calibre.

Forças Resistentes

– Força de Atrito

A origem do Flash da Era de Prata se deu durante uma tempestade, quando Barry Allen, membro da polícia científica, foi atingido por um raio que também quebrou vários recipientes contendo produtos químicos em um laboratório. A exposição aos produtos que encharcaram seu corpo enquanto recebia a alta voltagem, de alguma forma, veio a dotar Barry com a capacidade de correr a uma velocidade incomum (DC COMICS, 1940).

O ato de correr ou caminhar exige uma força aplicada ao solo que responde com outra de mesma intensidade, mesma direção e sentido contrário. Essa força de sentido contrário é a força de atrito (SANT'ANNA, MARTINI, REIS e SPINELLI, 2010). Sem o atrito, Flash sequer conseguiria caminhar, fato constatado quando um de seus

mais populares inimigos, o Capitão Frio, emite um raio congelante no caminho do super-herói, tornando sua velocidade inútil por causa do baixíssimo atrito com os pés (**Fig. 7**) (DC COMICS, 2011). Essa força resistente ao movimento do Flash é dada pelo produto do coeficiente de atrito (característico da superfície do material) e da normal (perpendicular à superfície), como mostra a **Equação (10)**. Isso quer dizer que o atrito é proporcional ao peso do corpo que se pretende deslocar (SANT'ANNA, MARTINI, REIS e SPINELLI, 2010).

Fig. 7 – Capitão Frio inibindo o deslocamento de Flash.

$$F_{at} = \mu . N \quad \textbf{(10)}$$

Em uma superfície horizontal plana, a força peso atua perpendicularmente à superfície. Já em um plano inclinado, tem-se a atuação de várias forças: uma perpendicular à superfície inclinada (normal), uma paralela à superfície, atuando para impedir que o corpo

desça (atrito), e a força peso, que continua atuando em direção ao centro da Terra e que será decomposta em outras duas forças (**Fig. 8 e 8.1**). Como a força de atrito é proporcional apenas à força perpendicular à superfície, ela é maior para um plano horizontal do que é para um plano inclinado. Quanto maior o ângulo de inclinação, menor o seu valor (TIPLER e MOSCA, 2011).

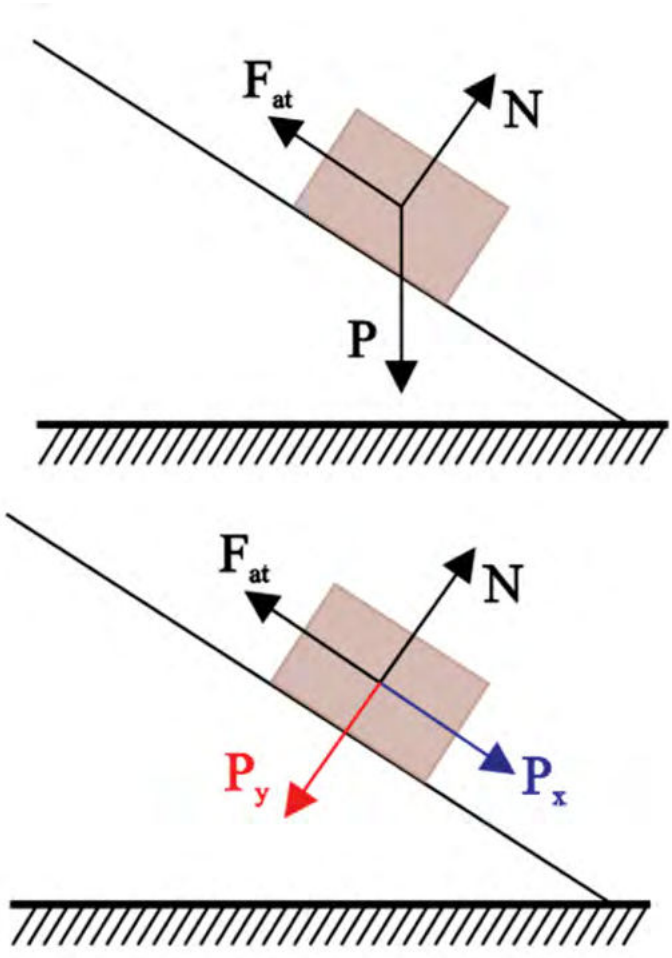


Fig. 8 – Ilustração de forças em um plano inclinado.

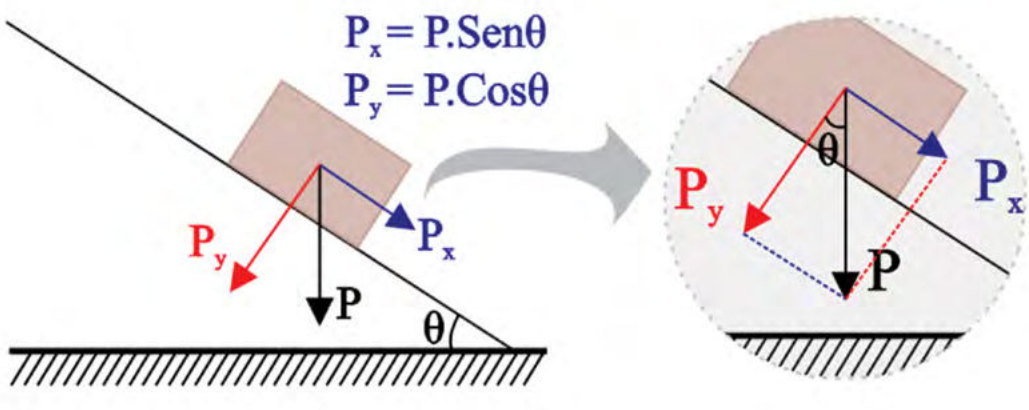


Fig. 8.1 Decomposição da força peso.

No quadrinho de 1956, Flash corre pela lateral de um prédio (DC COMICS, 1956), uma superfície vertical, onde não há qualquer componente da força peso perpendicular à superfície. Em outros termos, não há nenhum atrito entre seus pés e a parede do prédio, logo essa "corrida" do Flash é fisicamente impossível (KAKALIOS, 2009).

– Arrasto

Um corpo movendo-se através de um fluido necessita retirá-lo de seu caminho para que exista esse deslocamento. Quanto mais denso o meio, maior a dificuldade para o deslocamento. Essa resistência é determinada pela viscosidade, relacionada com o grau de agitação das moléculas que compõem o meio (PARANÁ, 2003). Em uma cena em que o Flash corre em direção ao seu inimigo, uma massa de ar se forma à sua frente atingindo-o como um golpe (DC COMICS, 1960), isso porque sua velocidade supersônica (ele ainda não era capaz de correr à velocidade da luz) gera uma região de alta densidade à sua frente (**Fig. 9**).

Diferentemente do atrito, o arrasto depende da velocidade (KAKALIOS, 2009). Um ser humano "normal" não forma essa região de alta densidade porque sua velocidade é menor que a velocidade média das moléculas de ar.

Fig. 9 – Frente de choque formada à frente do Flash.

E quanto ao fato de correr sobre a água (DC COMICS, 1960)? Como a densidade da água é muito maior que a do ar (cerca de 835 vezes), ela reage contra os pés do Flash, que a empurra para trás. Como a velocidade é muito grande, forma-se atrás dele uma frente de choque, semelhante à frente de choque formada diante de um avião supersônico. Portanto, a capacidade de se locomover correndo sobre a água é plausível de acordo com as leis da Física (KAKALIOS, 2009).

Hidrostática

Membro fundador da Liga da Justiça da América na Era de Prata, Aquaman, ou Arthur Curry, aprendeu a respirar sob a água como

os peixes e a extrair energia dela para aumentar sua força e sua velocidade (DC COMICS, 1962).

Questiona-se o esforço para absorver o oxigênio da água, levando-se em consideração que, ao contrário dos peixes, Aquaman possui sangue quente e pulmões, em vez de sangue frio e guelras. Por isso, conclui-se que, apesar de não informado, ele deve subir algumas vezes à superfície para adquirir um pouco de ar (GRESH e WEINBERG, 2005). Assim, ao mergulhar até o leito do oceano, Arthur deveria sofrer com a pressão exercida sobre seu corpo em vez de ignorá-la, como faz também com a descompressão quando atinge a superfície de 1 atm. Quando mergulha, Aquaman sofre o peso da água sobre seu corpo e, após 10 metros, ele já sofre a pressão de 2 atm (uma atmosfera gerada pelo ar atmosférico e uma atmosfera a cada 10 m de profundidade na água), valor que aumenta à medida que desce (GRESH e WEINBERG, 2005).

Para evitar a compressão e a descompressão sem equipamento, Aquaman pode nadar vagarosamente, permitindo que a pressão de seu corpo se ajuste à profundidade em que se encontra, o que não é visto nos quadrinhos, já que ele precisa agir rápido para conter os inimigos (GRESH e WEINBERG, 2005).

ONDULATÓRIA

Som

Voltando a considerar a capacidade de "arrastar" o ar antes que ele saia da sua frente, Flash acaba, assim, por deixar uma região vazia atrás de si, o que pode ser considerado um vácuo parcial. Quanto maior a velocidade de Flash, maior a diferença de pressão entre o ar atrás dele e o ar circundante (KAKALIOS, 2009). Nessa situação, o ar em volta se direcionará a preencher o espaço vazio, podendo, inclusive, arrastar outros corpos com ele (**Fig. 10**) (DC COMICS, 1960). Essa diferença de pressão criada faz com que o corpo seja empurrado no sentido da menor pressão.

Fig. 10 – Flash corre arrastando pessoas com ele.

Sempre que Flash superar a velocidade do som no ar, a única forma de comunicação com outras pessoas será a visual (KAKALIOS, 2009). Ondas sonoras necessitam de um meio de propagação; dessa

forma, uma pessoa localizada atrás dele ou ao seu lado jamais poderá escutá-lo ou ser escutada por ele (CARRON e GUIMARÃES, 1997).

Por definição, ondas sonoras são as variações na densidade do meio (TIPLER e MOSCA, 2011). Quanto mais denso o meio, maior a velocidade das ondas sonoras. Isso significa que, mesmo uma pessoa à frente dele teria dificuldades para se comunicar verbalmente, pois como um campo de ar comprimido é formado ali, correndo ao encontro do locutor, o som emitido chega até ele antes do que chegaria se ele estivesse parado e bem mais agudo, isto é, em maior frequência, como demonstra a **Equação (11)**. Esse fenômeno é conhecido como Efeito Doppler (**Fig. 11**), uma aparente mudança na frequência de uma onda causada pelo movimento relativo entre a fonte e o receptor, como mostra a **Equação (12)**.

$$\boldsymbol{v = \lambda . f}$$

(11)

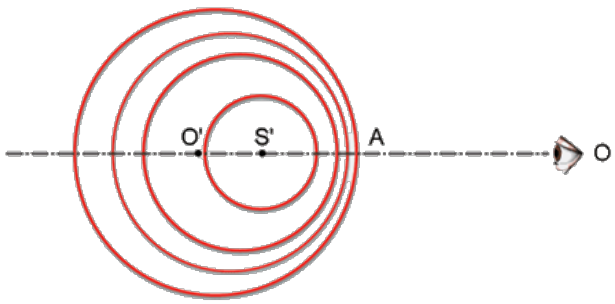


Fig. 11 – Esquematização do Efeito Doppler.

$$\boldsymbol{f_{observador} = f_{fonte} \frac{(v_{som} \pm v_{observador})}{(v_{som} \pm v_{fonte})}}$$

(12)

Dirigindo-se a uma velocidade de 340 m/s a um locutor comum, cuja voz seja emitida com frequência de 100 Hz, Flash será atingido por ondas sonoras de frequência média de 200 Hz. A faixa audível de um ser humano é de 20 a 20.000 Hz, portanto Flash só não receberia a mensagem se estivesse correndo a uma velocidade maior que 6,77 x 10^4 m/s, quase 200 vezes maior que a velocidade do som (TIPLER e MOSCA, 2011).

Para velocidade de 340 m/s:

$$\boldsymbol{f_{observador} = f_{fonte}\frac{(v_{som} \pm v_{observador})}{(v_{som} \pm v_{fonte})}}$$

$$\boldsymbol{f_{observador} = 100\frac{(340 + 340)}{(340 - 0)} = 100.\frac{680}{340} = 100.2 = 200\ Hz}$$

Para velocidade de 6,75x10^4:

$$\boldsymbol{20000 = 100\frac{(340 + v_{observador})}{(340 - 0)}}$$

$$\boldsymbol{20000 = \frac{34000 + 100v_{observador}}{340}}$$

$$\boldsymbol{34000 + 100v_{observador} = 6800000}$$

$$v_{observador} = \frac{67660m}{s} ou\ 6,77x10^4\ m/s$$

Em outra situação, correndo ao encontro de um receptor, se o Flash pronunciasse qualquer palavra quando estivesse a certa distância e outra quando estivesse próximo, elas seriam ouvidas em ordem contrária, pois Flash pode superar a velocidade do som. Mas o efeito visual (por leitura labial) permitiria identificar a real ordem em que as palavras foram pronunciadas, porque a velocidade da luz, transmitindo a imagem do Flash, é muito superior (KAKALIOS, 2009).

Movimento Oscilatório

Um pêndulo é constituído por uma massa que oscila em um plano vertical, presa à extremidade de um fio, sobre a qual atuam duas forças: peso e tração (CARRON e GUIMARÃES, 1997). Se levantada a certa altura, de modo que forme um ângulo em relação à vertical e liberada, a massa passa a oscilar periodicamente. Esse período é determinado unicamente pela aceleração da gravidade e pelo comprimento do fio, como mostra a **Equação (13)** (o período de um pêndulo simples é diretamente proporcional à raiz quadrada de seu comprimento), não depende da massa nem de sua altura inicial. A gravidade determina a velocidade com que o pêndulo se movimenta, e o comprimento do fio determina o espaço a ser percorrido pela massa para completar um ciclo. A frequência, o inverso do período, é o número de oscilações durante determinado tempo e é medida em Hertz (Hz)

(CARRON e GUIMARÃES, 1997). Quanto menor o período, maior o número de oscilações; isso pode ser demonstrado pela **Equação (13.1)**. Se o comprimento do fio é diminuído, há diminuição do período. Consequentemente, maior será a frequência (TIPLER e MOSCA, 2011).

$$T = 2.\pi.\sqrt{\frac{l}{g}} \qquad (13)$$

$$f = \frac{1}{T} \qquad (13.1)$$

O movimento harmônico simples explica as cordas vocais também como um movimento oscilante. Quando Henry Pym, o Homem-Formiga (atualmente, Vespa), bioquímico e integrante do primeiro time dos Vingadores na Era de Prata, por meio da invenção de um gerador de partículas, tem seu tamanho reduzido em cerca de 300 vezes (MARVEL, 1962), percebe que, como consequência, a frequência oscilatória de suas cordas vocais torna-se cerca de 17 vezes maior (raiz quadrada de 300) (KAKALIOS, 2009). A média de oscilações em uma voz humana é de aproximadamente 200 ciclos por segundo, então a voz do Homem-Formiga é da ordem de 3.400 Hz (KAKALIOS, 2009).

A capacidade auditiva de um humano é da ordem de 20 a 20.000 Hz (TIPLER e MOSCA, 2011), portanto é perfeitamente capaz de se ouvir o Homem-Formiga, mas as cordas vocais vibrando nessa frequência produzem um som bastante estridente e inconveniente. Somado a isso, quando o sistema auditivo do Dr. Henry diminui, só consegue detectar frequências acima de 340 Hz, o que quer dizer que o

Homem-Formiga não pode se comunicar com humanos se não praticantes da linguagem de sinais ou corporal (KAKALIOS, 2009).

ÓPTICA

Formação e Detecção de Imagens

Quanto à visão do Homem-Formiga, sabe-se que, para que a luz seja detectada na parte de trás do olho, ela deve antes passar pela pupila, que, no olho humano, possui cerca de $4x10^{-3}$ m de diâmetro. O comprimento do espectro de luz visível vai de $4x10^{-7}$ m a $7x10^{-7}$ m, ou seja, a área disponível para a passagem da luz é milhares de vezes maior que seus respectivos comprimentos de onda (BARTHEM, 2005). Isso permite que a luz atravesse a pupila sem sofrer difração.

Ao sofrer redução de tamanho em 300 vezes, a pupila do Homem-Formiga passa a ter diâmetro apenas cerca de 30 vezes maior que o comprimento de onda, o que, por efeito de difração, faz com que a imagem vista por ele seja borrada e fora de foco (KAKALIOS, 2009), pois a luz que atravessa uma pupila pequena constitui um disco turvo conhecido como disco de Airy, que é circundado por anéis concêntricos de intensidades decrescentes. O diâmetro desse disco aumenta proporcionalmente com a diminuição da pupila, interferindo significativamente na qualidade da imagem formada (CBO, 2008). Na óptica, o disco Airy e o padrão Airy são descrições do ponto de luz mais focado que uma lente perfeita com abertura circular pode fazer, limitada

pela difração da luz. O disco Airy é importante para a Física, a Óptica e a Astronomia.

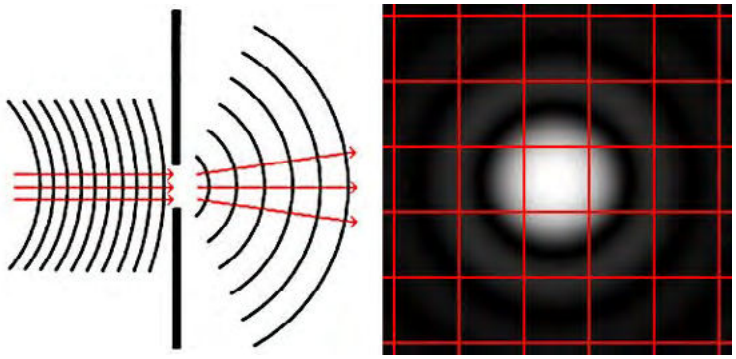


Fig. 12 – Fenômeno da difração consistindo em um Disco de Airy.

Atingida por radiação cósmica em viagem espacial com o irmão e dois amigos, Sue Storm (Quarteto Fantástico) adquiriu a habilidade de se tornar parcial ou totalmente invisível, conforme sua vontade (MARVEL, 1971). Mesmo quando se torna invisível, Sue ainda absorve e reflete luz ultravioleta proveniente da radiação solar. Ela não pode ser vista porque os cones e bastonetes dos olhos humanos não absorvem a luz ultravioleta (BARTHEM, 2005).

A luz na porção visível do espectro é absorvida pelas moléculas que compõem as células de um corpo humano, e a adição de moléculas, tais como a melanina, pode aumentar a absorção dela, causando o escurecimento da pele. Para que possamos enxergar, a luz entra em nossos olhos através da pupila e projeta a imagem do objeto em nossa retina. No caso da nossa amiga do quarteto, a luz, por atravessar seu corpo, não conseguiria projetar na retina uma imagem. Assim, a

explicação para o fato de ela não ser cega, sendo que a luz visível passa através dela, pode ser o poder de manipular as ligações moleculares em seu corpo (KAKALIOS, 2009).

Porém, foi sugerido pela editora que Sue enxergue através da detecção de raios cósmicos dispersos à sua volta (MARVEL, 2002). Raios cósmicos não são fótons de luz e sua incidência é bilhões de vezes menor que a luz do Sol, ou seja, se Sue realmente depende deles para ver, constantemente esbarra em objetos e pessoas (KAKALIOS, 2009).

Cores

O Lanterna Verde da Era de Ouro, Alan Scott, ganhou seus poderes ao encontrar uma misteriosa lanterna após sofrer um acidente de trem. Todos os dias Alan tocava seu anel, confeccionado com o mesmo material da lanterna, sendo dotado de poderes mágicos. Ao Lanterna Verde da Era de Prata foi dada uma origem nova, com base na ciência (GRESH e WEINBERG, 2005). Em nova versão, Hal Jordan, atraído pelos destroços de um disco voador, recebe de um alienígena uma lanterna verde que obtém uma carga cósmica de uma bateria com duração de 24 horas para combater o mal em todo o cosmos. No entanto, em razão de uma falha no material, o anel é inútil sobre qualquer coisa de cor amarela (**Fig. 13**) (DC COMICS, 1959).

Fig. 13 – Poderes do Lanterna Verde inúteis contra objetos de cor amarela.

Sabendo que as cores visualizadas nos objetos são basicamente as luzes refletidas por eles, que o brilho e a tonalidade dessas cores são determinados pelo exato espectro do comprimento de onda da luz refletida e que o amarelo é parte da mistura de cores que compõe o verde, o poder do Lanterna Verde não funcionaria em um confronto com o Incrível Hulk, já que ele refletiria toda a luz verde, mas não há nenhum motivo para que não funcione em objetos de cor amarela (GRESH e WEINBERG, 2005).

TERMODINÂMICA

Temperatura

O Elektron, um herói cujo antecessor integrava a Liga da Justiça na Era de Ouro com o nome de Átomo, tem o poder de encolher objetos a nível subatômico. Ray Palmer, professor de Física, trabalhava no desenvolvimento de um raio encolhedor, sem êxito, pois os objetos encolhiam e depois explodiam (DC COMICS, 1967). Palmer precisava de um ingrediente chave para confecção de uma lente pela qual passaria luz ultravioleta, que veio a ser o fragmento de uma estrela anã, encontrado por ele. Tais propriedades "miniaturizantes" são desconhecidas pela Astrofísica (KAKALIOS, 2009).

Por sua capacidade de reduzir de tamanho e controlar sua densidade, o Átomo aparece flutuando sobre as correntes de ar de um edifício em chamas (DC COMICS, 1962). Temperatura é o grau de agitação das moléculas, ou seja, a medida de sua energia cinética. Logo, a explicação para sustentá-lo no alto se deve ao fato de esse ar estar mais quente que o ar acima dele, ou seja, existem mais colisões de moléculas que o empurram para cima do que as que o empurram para baixo. Além disso, há um fluxo de calor das moléculas de ar mais quentes para o corpo do Átomo, elevando sua energia cinética e favorecendo sua ascensão.

Calor e Trabalho

Trazendo novamente à tona o conceito de energia, quando Flash tenta parar repentinamente, vindo de uma velocidade de 225 m/s, sua energia cinética sofre alteração, reduzindo-se a zero, e ele derrapa por aproximadamente 5 metros (**Fig. 14**) (DC COMICS, 1959). Como a força que reduz a velocidade do Flash quando ele cessa a corrida é composta, sobretudo, pela força de atrito entre suas botas e o chão, essa força realiza trabalho resistente enquanto o herói ainda se desloca (TIPPLER e MOSCA, 2011); então, a quantidade de energia dissipada na derrapagem corresponde ao trabalho realizado pela força de atrito sobre ele (SANT'ANNA, MARTINI, REIS e SPINELLI, 2010). Parar o Flash requer uma força maior que 350.000 N, como demonstra a **Equação (14)**, supondo que sua massa seja de 70 kg.

Fig. 14 – Flash derrapa na tentativa de parar.

$$\boldsymbol{W = \Delta_{EC} = F.d}$$

(14)

$$\boldsymbol{W = \frac{m.\Delta v^2}{2} = 70.\frac{225^2}{2} = 1771875J}$$

$$\boldsymbol{W = F.d}$$

$$\boldsymbol{1771875 = F.5}$$

$$\boldsymbol{\frac{1771875}{5} = F}$$

$$\boldsymbol{F = 354375\ N}$$

Correndo à velocidade do som, Flash necessita transformar $4x10^6$ J, ou $1x10^6$ cal, por ingestão de alimentos. Na Física, uma caloria é definida como a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de 1 g de água em 1º C (CARRON e GUIMARÃES, 1997). Uma caloria alimentar equivale a 1.000 "calorias físicas", o que significa que Flash precisa consumir o equivalente a 2000 sanduíches altamente calóricos para se deslocar a tal velocidade. Mas, considerando os anos de evolução em que foi capacitado a se deslocar à velocidade da luz, ele deveria consumir 150 bilhões do mesmo lanche (assumindo que toda a energia do alimento seja convertida em energia cinética). Para parar, Flash precisa da mesma energia, ou seja, consumir mais 150 bilhões de sanduíches (KAKALIOS, 2009).

Outro cálculo instigante vem das páginas de X-Men. Nesse caso, depois de uma série de super-heróis que adquiriram seus poderes pela inexplicável exposição à radiação, Stan Lee, editor chefe de praticamente

todos os quadrinhos da Marvel na Era de Prata, criou com Jacky Kirby um grupo de adolescentes mutantes com a simples explicação de que, por serem mutantes, haviam nascido com suas habilidades.

Uma de suas personagens, Ororo Munroe, ou Tempestade, é capaz de emitir raios liberando cerca de $5x10^8$ J, equivalente a 120 kcal alimentares em cada descarga. Isso significa que, para emitir um único raio, Tempestade deve consumir quase 60 vezes a dose recomendada para um adulto do sexo feminino (MARTINS, 1979). Por outro lado, se Ororo possuir uma espécie de reator nuclear como aparelho digestivo, um único grama convertido em energia lhe disponibilizaria energia suficiente para 18 milhões de raios (KAKALIOS, 2009).

ELETRICIDADE E MAGNETISMO

Eletrostática

A eletrostática é a área concentrada no estudo das propriedades e comportamento de cargas elétricas em repouso ou fenômenos de equilíbrio da eletricidade em corpos eletrizados (PARANÁ, 2003).

Processos de eletrização acarretam uma transferência de elétrons entre corpos. Em uma das aventuras de Flash, é possível observar a aplicação disso quando o herói é cumprimentado por um cidadão. Ao tocar as costas de Flash, o rapaz sente um choque e afirma que o uniforme está coberto por eletricidade estática (DC COMICS, 1971). Isso se deve ao grande atrito com o ar durante sua corrida (KAKALIOS, 2009).

Corrente Elétrica e Campo Magnético

Ao caminhar sobre fios de postes, Superman explica que a eletricidade, independentemente de sua intensidade, somente flui de um corpo a outro se existir uma diferença de potencial entre eles (ACTION COMICS, 1938). Contudo, o mesmo tema faz questionar o conhecimento científico do Homem-Aranha quando ele enfrenta Electro, um vilão que, ao receber uma descarga elétrica de um poste, ganhou o poder de armazenar corrente elétrica e descarregá-la quando quiser. Nessa ocasião, Electro lança raios contra o Homem-Aranha, que mantém seu tornozelo preso a um fio com a função de aterrá-lo

(MARVEL, 1964), agravando, desnecessariamente, a ação da corrente elétrica em seu corpo (KAKALIOS, 2009).

Fig. 15 – Superman explica que a eletricidade não flui de um corpo a outro se não existir uma ddp.

Por outro lado, em outra aparição nas histórias do Homem-Aranha, Electro, após assaltar um banco, escala um prédio grudado a barras de metal, como um ímã, através da eletricidade (**Fig. 16**) (MARVEL, 1964). Esse é um uso plausível da eletricidade nos quadrinhos, de acordo com um fenômeno primeiramente observado por Hans Christian Oersted, em que toda corrente elétrica gera ao redor de si um campo magnético (CARRON e GUIMARÃES, 1997). Fenômeno que dá a entender que Electro consegue controlar campos magnéticos e que Magneto, mestre do magnetismo e primeiro vilão enfrentado pelos X-men, cuja superpotência consiste na capacidade de gerar e controlar campos magnéticos, pode também controlar correntes elétricas.

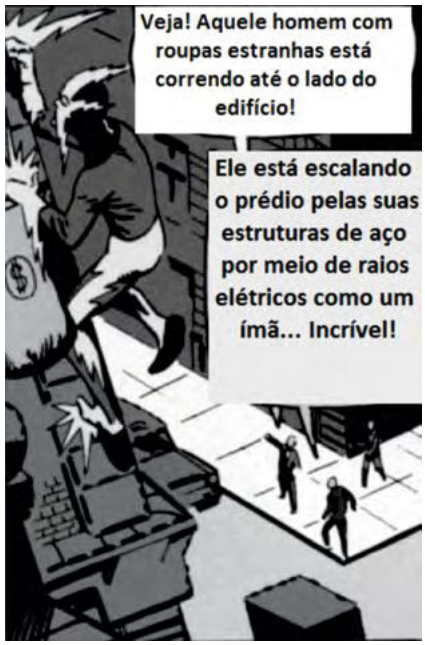


Fig. 16 – Electro gerando campos magnéticos.

Existem materiais ferromagnéticos, que alinham fortemente seus domínios magnéticos com o campo externo e ficam magnetizados quando afastados; materiais paramagnéticos, que não permanecem magnetizados; e diamagnéticos, que têm a propriedade de repelir o campo magnético. A água é um material diamagnético e repele o campo aplicado, então, sendo o corpo humano composto na maior parte de água, fica explicada a capacidade de o Magneto levitar pessoas (MARVEL, 1963), mas não as arremessar a longas distâncias, já que são forças muito fracas (BOEBINGER, 2010).

FÍSICA DO ESTADO SÓLIDO

Semicondutores

O estudo de semicondutores, parte da física do estado sólido, pode ser vinculado com o Homem de Ferro (KAKALIOS, 2009). Tony Stark, físico, empresário e inventor, enxergou na Guerra Fria a oportunidade de melhorar o armamento americano e ampliar a fortuna herdada do pai. Em visita ao Vietnã para testar a eficácia de suas invenções, acabou acionando acidentalmente uma armadilha e estilhaços de uma bomba atingiram seu peito. Levado ao acampamento médico, Stark é informado de que os estilhaços migravam em direção ao seu coração, deixando-lhe pouco tempo de vida. Nessas circunstâncias, aceita participar da pesquisa da criação de uma armadura tecnológica (MARVEL, 1963).

Mesmo em sua forma mais flexível e simplificada, a armadura do Homem de Ferro é muito pesada (KAKALIOS, 2009). A estatura de Tony é de 1,83 m, e sua massa aproximadamente 85 kg, então sua área corporal superficial é de aproximadamente 2,1 m^2, como demonstra a **Equação (15)** (MARVEL, 2012). Supondo que sua armadura tenha 4 mm de espessura, representa um volume de $8{,}4 \times 10^{-3}$ m^3, ou 8.400 cm^3.

$$\boldsymbol{A_{C(m^2)} = 0{,}007184 \times (h_{(cm)})^{0{,}725} \times (m_{(Kg)})^{0{,}425}}$$

(15)

A densidade do ferro é de 7,9 g/cm^3, logo, pela **Equação (16)**, Tony sustenta cerca de 65 kg em armadura, desconsiderados todos os circuitos transistorizados (KAKALIOS, 2009).

$$\boldsymbol{d = \frac{m}{v}}$$

(16)

Sabendo que, com armadura, o Homem de Ferro soma mais de 150 kg, para que suas botas a jato possam capacitá-lo ao voo, elas devem presumivelmente usar de uma reação química para expulsar os reagentes pela sola, impulsionando o herói a um movimento ascendente; e, para que ele possa acelerar, elas têm que oferecer ainda mais força (Equação 2).

Para viajar de LongIsland a Manhattan, aproximadamente 80 km, o Homem de Ferro demora 10 minutos, o que quer dizer que o faz a uma velocidade média aproximada de 135 m/s, ou quase a metade da velocidade do som (KAKALIOS, 2009). Desprezando a energia dissipada pela resistência do ar, a energia cinética do Homem de Ferro a essa velocidade é de 1,37x10^6 J, considerando que uma pessoa comum consome cerca de 9x10^6 J em um dia inteiro.

Quando viaja a grandes distâncias, o Homem de Ferro deixa de usar os jatos e utiliza patins motorizados. Sempre que ele desacelera, usa a energia rotacional e um alternador para recarregar suas baterias internas e potencializar seu voo quando necessário (KAKALIOS, 2009), ou seja, Tony Stark antecipou a tecnologia KERS, sigla em inglês para Sistema de

Recuperação de Energia Cinética, introduzida na Fórmula 1 em 2009, para captar a energia que seria desperdiçada no acionamento dos freios do carro e reutilizá-la, quando solicitada, potencializando seu desempenho.

Células Solares

A partir dos anos 1970, a armadura do Homem de Ferro passou a contar com uma fina camada de células solares, permitindo-lhe recarregar sempre que exposto ao Sol. Em qualquer momento, apenas metade de sua área superficial corporal é exposta diretamente à luz solar. Portanto, adotando que a irradiação em um dia típico do seu país seja cerca de 200 W/m², o Homem de Ferro recebe a energia de 200 J em um segundo. Estimando de forma otimista que as células solares de sua armadura tenham 50% de eficácia na conversão da energia solar para armazenamento em suas baterias, o Homem de Ferro deve se expor ao Sol por quase 3 horas, a fim de fazer uma viagem de 10 minutos, ou seja, em um dia comum, o Homem de Ferro gasta energia a uma taxa muito maior do que é capaz de repor (KAKALIOS, 2009).

Transistores e Eletroímãs

A emissão de "raios repulsores" é uma das mais populares e eficazes armas do Homem de Ferro. Enquanto emite os raios de suas luvas para desviar armas, Tony faz menção a um "magnetismo reverso" (MARVEL, 1963), que, pela física do estado sólido, não tem a menor

possibilidade de funcionar se seus inimigos não colaborarem lançando as armas já magnetizadas ou com seu Polo Norte perfeitamente direcionado ao Stark, pois a tendência natural de ímãs é o alinhamento entre Polo Norte e Polo Sul (CARRON e GUIMARÃES, 1997). Na verdade, esse "magnetismo reverso" teria chance de acontecer como ocorre com Magneto, ou seja, em objetos diamagnéticos. A diferença é que Magneto se utiliza de seu poder mutante, já o Homem de Ferro utilizaria eletroímãs, o que consumiria ainda mais rapidamente sua energia (KAKALIOS, 2009).

Na mesma cena em que cita o "magnetismo reverso", Tony menciona o uso de um transistor que potencializa sua ação. Transistores realmente permitem a amplificação, muitas vezes, de um pequeno sinal de energia, mas, para isso, necessitam de uma grande reserva de carga elétrica, forçando o Homem de Ferro a uma desesperada recarga após seu uso (KAKALIOS, 2009).

FÍSICA MODERNA

Física Atômica

O tamanho de um corpo é determinado pelos átomos que o compõem (BOHR, 1995). A possibilidade sugerida para tornar um material menor pode ser diminuir seus próprios átomos de tamanho, arrancando alguns deles do material ou comprimindo-os para que fiquem mais próximos uns dos outros (ASIMOV, 1974). Porém, o tamanho dos átomos não permite ajustes em razão de sua própria arquitetura: não podem ser arrancados de um ser vivo sem lhe causar danos ou comprometer suas funcionalidades, tampouco podem ser comprimidos para ficarem mais próximos, pois são estruturas rígidas.

Por essa razão, a origem do Homem-Formiga é tão inexplicável (KAKALIOS, 2009), inclusive, considerando-se que, a cada vez que é encolhido, Pym assume a desvantagem de levar muito mais tempo para percorrer determinada distância em relação ao seu tamanho normal, sendo frequentemente visto "pegando carona" nas costas de insetos (MARVEL, 1962). Isso faz entender que a diminuição do seu tamanho acarreta a diminuição de sua massa sem que haja aumento em sua densidade.

Lei do Cubo-Quadrado

Um dos conceitos fundamentais da ciência é a Lei do Cubo-Quadrado, explicada por Galileu no século XVII. Basicamente, essa lei

afirma que, dobrando o tamanho de um corpo, este terá sua área superficial aumentada em 4 vezes, o quadrado de 2, e o seu volume aumentará em 8 vezes, ou seja, o cubo de 2. Em outras palavras, um ser humano que tenha a sua altura dobrada terá sua área corporal aumentada em 4 vezes, e sua massa será 8 vezes maior (**Fig. 17**). Isso significa que, na verdade, sua força se reduz pela metade (GRESH e WEINBERG, 2005).

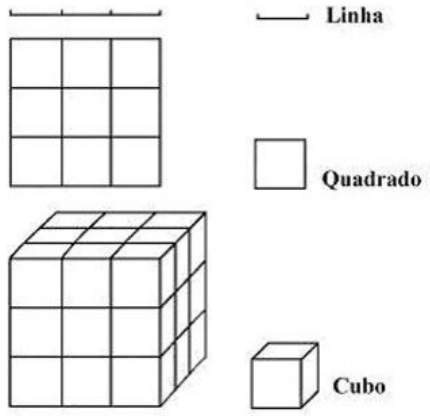


Fig. 17 – Lei do Cubo-Quadrado.

Com a informação de que, ao sofrer o reverso de seu poder comum (MARVEL, 1963), Henry Pym atinge a altura de 18 metros, 10 vezes o seu tamanho normal, sua massa será 1.000 vezes maior, cerca de 90.000 kg, ou seja, capaz de levantar 4.500 kg, 20 vezes mais do que seus ossos suportariam (GRESH e WEINBERG, 2005).

Quando reduzido em 300 vezes ao tamanho de uma formiga, Henry, que possuía altura e massa de 1,80 m e 90 kg, respectivamente, é capaz de levantar mais que 150 vezes o seu próprio peso, ou 3 vezes mais que uma formiga comum (GRESH e WEINBERG, 2005).

ASTROFÍSICA

Estrela de Nêutrons

Quando encontra o fragmento da estrela anã, Palmer, o Eléktron faz um incrível esforço para carregá-lo por se tratar de material extremamente denso (DC COMICS, 1961). Realmente, a densidade de uma estrela anã branca é de $3x10^6$ g/cm^3 (SAGAN, 1992), ou seja, se a área do fragmento é de 16 centímetros, ele precisa carregar mais de 50 mil toneladas, antes mesmo de se tornar um super-herói. Mas são os detalhes que destroem a reputação do Eléktron. Palmer, como já exposto, pesquisou meios de comprimir átomos em favor da humanidade, e isso é uma impossibilidade, se não em condições de extremo calor e pressão, como no interior de um Sol entrando em colapso (KAKALIOS, 2009).

Novamente, discutindo a origem do Superman, deduz-se que a compressão gravitacional no centro de um planeta gasoso como Krypton é tão grande que núcleos de átomos se fundem criando núcleos maiores e liberando energia (CHAVES, 2011).

O processo de fusão acelera conforme são gerados núcleos mais pesados, até que a pressão no centro da estrela seja tão elevada que uma última fusão ocorra, originando uma "supernova". Nessa liberação de energia, os elementos sintetizados são arremessados ao espaço, podendo formar outros planetas (CHAVES, 2011).

Para estrelas realmente grandes, a pressão gravitacional no seu centro é tão grande que ainda existirá um núcleo remanescente

comprimindo prótons e elétrons em nêutrons, as chamadas "estrelas de nêutrons", cuja densidade é superada apenas pela de um buraco negro e aumenta drasticamente a gravidade do planeta (CHAVES, 2011). Um núcleo tão denso que, em algum momento, faria o planeta sofrer enormes terremotos e convulsões explica o motivo pelo qual Krypton explodiu (KAKALIOS, 2009).

Zonas Habitáveis no Cosmos

Desde que Copérnico argumentou convincentemente que o Sol era o centro de um sistema e que a Terra, já não tão especial, simplesmente consistia em um planeta a girar ao seu redor, especula-se sobre a existência de outros planetas com vida (GRESH e WEINBERG, 2005). "O Superman veio para a Terra do Planeta Krypton, cujos habitantes evoluíram, após milhões de anos, até a perfeição física" (DC COMICS, 1939).

Krypton estava há 3 milhões de anos-luz da Terra (DC COMICS, 1959), para efeito comparativo, e a Via Láctea fica a apenas 100 mil anos-luz (GRESH e WEINBERG, 2005). Carl Sagan calculou que deveria haver 1 milhão de planetas civilizados em nossa galáxia (SAGAN, 1992). Frank Drake, bem menos otimista, estimou 10 mil (GRESH e WEINBERG, 2005). Para que sua origem seja aceita, tudo o que o Superman precisa é que, em algum momento, tenha existido pelo menos uma.

De repente, a existência de Krypton parece bastante possível, mas a especulação de como Jor-El localizou a Terra e enviou um foguete

para ela com o único sobrevivente de um planeta prestes a explodir, mesmo considerando que sua ciência estivesse a apenas 1 milhão de anos à nossa frente (DC COMICS, 1939), pode se fundamentar simplesmente na falta de escolha, pois "zonas habitáveis" podem ser muito mais complexas e remotas a qualquer coisa imaginada por Drake e Sagan (GRESH e WEINBERG, 2005).

MECÂNICA QUÂNTICA

Universo Paralelo

Pouco antes de ser atingido pelo raio que lhe dotaria de supervelocidade, Barry Allen, o Flash da Era de Prata, lia a revista "Flash Comics nº 13", com Jay Garrick, o Flash da Era de Ouro na capa. Anos depois, foi revelado que Flash da Era de Ouro e Prata coexistiam em mundos paralelos separados por uma barreira vibratória (**Fig. 18**) (DC COMICS, 1961). Nessa história, ao perceber que estava no mundo dos heróis da Era de Ouro, Barry não se mostrou um bom físico teórico, ao dizer que dois corpos não podem ocupar o mesmo espaço e tempo se vibram em diferentes velocidades. Na verdade, dois corpos não podem ocupar o mesmo espaço, independentemente de sua frequência vibracional (KAKALIOS, 2009).

Fig. 18 – Flash coexistindo em dois mundos.

Logo outros super-heróis como os da Liga da Justiça tiveram histórias contadas em mundos paralelos, inclusive uma das mais famosas aventuras entre os fãs dos quadrinhos foi intitulada como "Crise nas Infinitas Terras", e esse pode ser um dos mais estranhos exemplos da aplicação correta da Física a quadrinhos de super-heróis (DC COMICS, 1985). Quatro anos antes do surgimento do Flash da Era de Prata, a noção de um número infinito de universos paralelos foi seriamente proposta para interpretar as equações da Mecânica Quântica.

Dando margem a uma discussão sobre probabilidades, Erwin Schrödinger propôs um experimento mental consistindo em um gato dentro de uma caixa fechada, com um frasco passível de ser quebrado contendo veneno. A discussão segue para as chances de o gato estar vivo ou morto após determinado tempo, antes que a caixa seja aberta para verificação (GASIOROWICZ, 1979). Em 1957, Hugh Everett III, um físico americano, argumentou que, enquanto a caixa não é aberta, existem dois universos paralelos, um em que o gato está vivo e outro em que está morto. Assim, ao abrir a caixa, o que se faz é determinar em qual dos dois universos a pessoa vive (KAKALIOS, 2009). Portanto, a Teoria Quântica até fornece uma justificativa física para a existência de universos paralelos, mas o princípio básico dessa teoria é que não há como existir comunicação entre eles.

Paradoxos sobre viagem no tempo

Físicos quânticos invocaram a interpretação de vários mundos, a fim de resolver inconsistências lógicas em seus cálculos que envolvem

viagem no tempo. Alguns desses cientistas afirmam que viajar no tempo não é fisicamente impossível, embora seja altamente improvável (HAWKING, 2001).

O problema de uma viagem ao passado é descrito como "paradoxo do avô". Basicamente, isso revela que, se uma pessoa viajasse ao passado com a intenção de assassinar seu avô ainda jovem, antes que seu próprio pai fosse concebido, estaria evitando seu próprio nascimento. Porém, a única maneira de fazer isso é considerar que a própria pessoa tenha nascido primeiro (HAWKING, 2001).

Para contornar esse dilema, em 2001, físicos teóricos adotaram a possibilidade de universos alternativos. Assim, as grandes distorções no espaço-tempo enviariam o viajante para um universo paralelo ao seu, livre para assassinar seu avô sem comprometer sua existência, que estaria assegurada em seu próprio universo (KAKALIOS, 2009).

Superman adotou essa ideia quando viajou ao passado para evitar o afundamento da civilização perdida de Atlântida (KAKALIOS, 2009). Com base no conhecimento de que é preciso uma grande força para se deslocar a uma velocidade maior que 340 m/s, a fim de quebrar a barreira do som, a editora propôs que, com um esforço maior e, consequentemente, uma maior velocidade, Superman poderia quebrar a barreira do tempo. O homem de aço viaja para 8.000.000 a.C., o momento exato em que a civilização está prestes a sucumbir, e consegue reverter o quadro. No caminho de volta, ele faz várias paradas, evitando desastres e mortes históricas. Resolve, inclusive, tentar salvar a população de Krypton, até que percebe um paradoxo: se seus pais não o enviassem para a Terra, ele não seria capaz de salvá-los agora (DC COMICS, 1961).

Quando volta ao presente, Superman observa que os livros de História estão inalterados e nenhum dos desastres foi evitado. O super-herói constata que não é capaz de alterar a história em seu próprio universo, mas em um universo alternativo (KAKALIOS, 2009).

Relatividade

A Teoria da Relatividade Especial, de Einstein, afirma basicamente duas coisas: que nada nem ninguém é capaz de viajar a uma velocidade superior à da luz e que as leis da Física são as mesmas para todos, em movimento ou não (RUSSELL, 1981). Com sua história recontada passando a ser capaz de correr a velocidade da luz, Flash (agora, Wally West) entra na situação em que comprimento, tempo e massa sofrem alterações (KAKALIOS, 2009).

A luz se desloca a uma velocidade de 3.10^8 m/s, tanto para o Flash (mesmo que atinja 99% dessa velocidade) como para um observador parado, porque, de acordo com Albert Einstein, tudo no universo se move a uma velocidade distribuída nas dimensões de espaço e tempo. Para um corpo em repouso, o tempo tem velocidade máxima; assim, quando o corpo entra em movimento a determinada velocidade, parece haver uma contração em seu comprimento, ou seja, quanto mais veloz se desloca o corpo, mais curto ele parece ao observador (RUSSELL, 1981). Como consequência, a velocidade com que o tempo passa para o corpo em movimento é menor (KAKALIOS, 2009). Isso significa que, enquanto corre a velocidades próximas à da luz, o tempo

passa mais devagar para o Flash, como demonstra a **Equação (17)**, e quando alcança a velocidade da luz, o tempo simplesmente não passa.

$$\Delta t = \frac{t' - t_0}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \quad \textbf{(17)}$$

Nessa situação, correndo a velocidades próximas à da luz, Flash seria bem mais jovem em relação aos outros heróis contemporâneos.

CONSIDERAÇÕES

Alguns dos principais assuntos abordados no ensino de Física, em nível médio e superior, podem ser ilustrados com quadrinhos de super-heróis, tanto para apontar uma aplicação correta quanto equivocada de seus conceitos, desde que haja ciência de tal.

Nem todo super-herói possui poderes e habilidades muito além de seres humanos. Batman, por exemplo, enfrenta os vilões com armas comuns e luta corporal. Ao contrário de muitos, Batman não nasceu com superpoderes nem os recebeu de um alienígena prestativo ou foi vítima de alguma radiação (GRESH e WEINBERG, 2005). Batman passou anos treinando em uma academia para se tornar um perfeito acrobata (DC COMICS, 2001).

Batman conheceu a fundo a ciência para se tornar um detetive científico (DC COMICS, 1957), e seu mais poderoso acessório no combate ao crime era um cinto de utilidades contendo cápsulas de fumaça e de gás, chaves mestras, equipamento para evidenciar impressões digitais, explosivos, lanterna infravermelha, maçarico de oxiacetileno e minicâmera. Ou seja, nada do cinto de utilidades do Homem Morcego está além do alcance da ciência (GRESH e WEINBERG, 2005).

Batman é o super-herói mais plausível fisicamente, porém reconhecer situações em que os quadrinhos apresentam conceitos equivocados é também um grande exercício de aprendizagem e formação do conhecimento.

SUPERPOWER LESSONS ON TED ED

Que superpoder eu gostaria de ter se pudesse ter algum deles? É possível que alguém na vida real tenha um superpoder? Acreditamos que todos os aficionados pelo universo de heróis já devam ter se perguntado isso.

O TED Ed (https://ed.ted.com/) é um importante *site* educacional. Nele, podemos encontrar vídeos e lições, incluindo perguntas, tópicos de discussão e recursos adicionais, todos sobre vários tópicos relacionados aos superpoderes.

Uma grande educadora que trata do assunto é Joy Lin. Ela é especialista em currículo de Matemática na Linder Elementary School, em Austin ISD, e possui diversos prêmios em Educação. Ela criou uma maravilhosa série intitulada: "Se os superpoderes fossem reais".

As aulas sobre superpoderes a seguir estão em inglês, mas parafraseando o que disse Bruce Wayne a Lucius Fox em "Batman - o Cavaleiro das Trevas, isso não deteria alguém com seus poderes, certo?

- **Superforça**

https://www.youtube.com/watch?v=WOQhduHFp2I&list=PLJicmE8fK0EjcBM04Tz0UvUTJ3utyYD1G

- **Super velocidade**

https://www.youtube.com/watch?v=ryGR06dlPf0&list=PLJicmE8fK0EjcBM04Tz0UvUTJ3utyYD1G&index=2

- **Voo**

https://www.youtube.com/watch?v=0GDYCxQYbjg&list=PLJicmE8fK0EjcBM04Tz0UvUTJ3utyYD1G&index=3

- **Massa corporal**

https://www.youtube.com/watch?v=fpV7DKwcqbk&list=PLJicmE8fK0EjcBM04Tz0UvUTJ3utyYD1G&index=4

- **Imortalidade**

https://www.youtube.com/watch?v=uvMiz0-nPxs&list=PLJicmE8fK0EjcBM04Tz0UvUTJ3utyYD1G&index=5

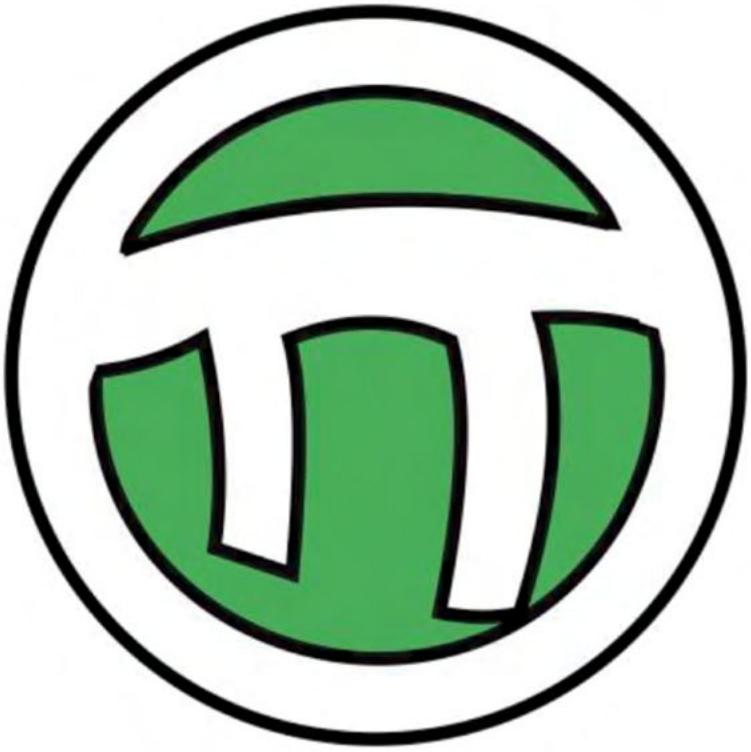
- **Invisibilidade**

https://www.youtube.com/watch?v=w-YLJ-pHRhA&list=PLJicmE8fK0EjcBM04Tz0UvUTJ3utyYD1G&index=6

- **Se os superpoderes fossem reais, qual você escolheria?**

https://www.youtube.com/watch?v=0jF9xyF8mxQ&list=PLJicmE8fK0EjcBM04Tz0UvUTJ3utyYD1G&index=7

NOSSO HERÓI - CAPITÃO MEGA PI (*Mπ*)



O astrofísico de partículas Stivinson José é um brasileiro de 38 anos, 1,60 m, 55 kg, nascido em Baia da Esperança, Paraíba, em uma linda noite de Lua Cheia de sangue. Após longos anos de estudo, graduação, mestrado, doutorado e pós-doutorado nas áreas de Astrofísica, Física de Partículas, Física da Matéria condensada e das Matérias Misteriosas, nosso amigo, enfim, trabalhava nos laboratórios de desenvolvimento de tecnologia aeroespacial supersecreto do governo brasileiro, que ficava em um galpão fantasiado de empresa que comercializava banha de porco, localizado no interior de São Paulo, em uma cidadezinha chamada Campo Belo. Entre os vários estudos

realizados em seu laboratório, Stivinson tentava desvendar e entender um pouco mais sobre a Radiação Hawking.

PAUSA PARA UMA RÁPIDA EXPLICAÇÃO

"Radiação Hawking foi proposta pelo físico Stephen Hawking, em 1974. Ele defendeu que essa radiação térmica seria emitida por buracos negros por causa de efeitos quânticos. Seria por meio dela que ocorreria a evaporação dos buracos negros."

Em um belo dia ensolarado, Stivinson trabalhava em seu experimento de radiação Hawking quando notou que havia uma fissura no recipiente que confinava a radiação. Rapidamente, ele correu para desligar a máquina, mas já era tarde demais. A radiação começou a sair pela pequena abertura, e, de repente, uma forte explosão ocorreu na pequena sala onde nosso físico trabalhava. O impacto foi tão forte que pôde ser ouvido a quilômetros de distância. Tremores de terra foram registrados em diferentes locais, com até 5 pontos na Escala Richter. Paredes se quebraram, o prédio desmoronou, não se via mais nada. A poeira tomava conta do local onde antes havia um prédio e agora apenas destroços. Sirenes de viaturas da polícia, corpo de bombeiro e SAMU ecoavam pela pequena cidade. O desespero tomou conta da população, todos aflitos por notícias de seus parentes e amigos. Foi quando o segurança que trabalhava no local deu as confortantes palavras: "Pessoal, hoje é domingo, não tinha ninguém no prédio, apenas eu estava no local". Infelizmente, nosso amigo estava enganado, José trabalhava naquele momento. Como todo bom físico, ele não costumava saber o

que era fim de semana, nem feriado, seu relógio já estava sem pilha há 5 anos, justamente para o tempo não o atrapalhar. Seu celular era do tipo tijolão e normalmente estava descarregado, já que ele não se atentava em carregar. Nosso pequeno guerreiro físico havia dormido no seu laboratório, de sábado para domingo, pois não queria perder tempo indo para casa, já que havia conseguido avanços importantes naquela noite. Ah José, por que fizeste isso?

Os bombeiros já haviam começado as buscas, mas as suspenderam depois do aviso do segurança de que não havia ninguém no local. Todos foram embora, o local foi isolado e assim ficou por vários dias, para que fosse feita a perícia para descobrir a causa do acidente. Já na segunda-feira, nosso amigo acorda, tudo escuro, com muita poeira sobre seu corpo debaixo de pedras. Ainda desnorteado, ele começa a tentar lembrar o que teria acontecido. Foi então que lhe veio à mente o momento da explosão. Enquanto corria para desligar a máquina, toda aquela radiação foi lançada para fora do recipiente, indo de encontro ao seu frágil corpo. Naquele momento, Stivinson absorveu tudo aquilo de forma rápida e surpreendente. Era tanta energia que seu corpo não aguentou e explodiu, liberando aquela forte onda de energia que veio a causar todo aquele incidente.

Agora ele percebeu que tinha poderes. Enquanto pensava no ocorrido, ele já conseguia passar entre as pedras e chegar à superfície. Seu corpo havia mudado, ele já não era mais pequeno e fraco, agora ele aparentava ter quase dois metros de altura e no mínimo uns 100 kg de muito músculo. Foi assim que surgiu o "Capitão Mega Pi".

Com poderes relativísticos, ele poderia se mover na trama espaço-tempo conforme seu interesse. Quanto mais rápido se movia no tempo, mais lento se movia no espaço, e vice-versa.

Além disso, Mega Pi tinha a habilidade de controlar duas das forças fundamentais – Gravitacional e Eletromagnética, mas em baixa escala. Isso lhe dava o poder de curvar o espaço ao seu redor, além de controlar a eletricidade e o magnetismo.

Durante o acidente, o carbono presente em seu corpo tomou a forma de grafeno, um material muito forte, leve, quase transparente, excelente condutor de calor e eletricidade. É o material mais forte já

encontrado, consistindo em uma folha plana de átomos de carbono densamente compactados em uma grade de duas dimensões. Todavia, como todo herói, havia um "calcanhar de Aquiles". Apesar de características extraordinárias, o grafeno possui uma fraqueza, descoberta por um grupo de cientistas da Rice University. No limite das camadas de grafeno, a estrutura de hexágonos do nanomaterial acaba se interrompendo e gerando imperfeições. Dessa forma, quando o grafeno estiver sob algum tipo de força, essas imperfeições podem gerar rupturas que vão se espalhando por toda a estrutura do nanomaterial. Nada que não possa ser controlado por suas outras habilidades, porém torçamos para que os vilões que Mega Pi há de vir a enfrentar não tenham conhecimento avançado em Engenharia de Materiais.

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

"Tendo a concordar com você, especialmente porque $6.10^{-3}\sqrt{t}$ é meu número de sorte."

1. Peter Parker era um jovem estudante muito dedicado ao estudo de ciências que, ao participar de um experimento no laboratório de Física, adquiriu atributos aracnídeos ao ser picado, acidentalmente, por uma aranha radioativa. Criado pelos tios e frequentemente provocado pelo núcleo popular do colégio, em primeiro momento, Parker viu seus poderes como um caminho para a fama e a fortuna. Vivendo o deslumbre de sua potencial carreira, o jovem se recusa a ajudar um policial a conter um ladrão, o qual, posteriormente, viria a matar seu tio. Como lição, a partir desse incidente, ele passa a se dedicar a combater o crime, sendo conhecido como Homem-Aranha (MARVEL, 1962). Um dos maiores clássicos da trajetória do Homem-Aranha envolve uma morte, dessa vez, a de sua namorada Gwen Stacy. Quando levada ao alto da torre da ponte George Washington pelo Duende Verde, um dos maiores inimigos do namorado, Gwen foi atirada da torre e iniciou uma aceleração que lhe conferiu o aumento de sua velocidade (MARVEL, 1973). O Homem-Aranha lançou sua teia, interrompendo a queda. Porém, o super-herói ficou chocado quando, ao trazê-la de volta, percebeu que ela estava morta. Na sequência, o Duende

Verde, vilão responsável pela queda, afirmou: *"Ela morreu antes que a teia a pudesse alcançar. Uma queda daquela altura mataria qualquer um!"* (MARVEL, 1973). Por esse argumento, a causa da morte de Gwen Stacy foi tida como uma das maiores controvérsias da história dos quadrinhos (KAKALIOS, 2009).

No ano de 2014, a Marvel lança seu filme "O Espetacular Homem Aranha – 2", com esse mesmo enredo, porém a queda se dá do alto de uma torre, e não de uma ponte. Analisando as forças que atuaram sobre Gwen, se a altura média da torre é cerca de 180 metros (FORT LEE, 2011) e aparentemente sua queda se interrompe a pouco mais da metade dessa altura (MARVEL, 1973), ela teria sido alcançada após cair 101,25 metros, como mostra a figura. James Kakalios, professor da Universidade de Minessota e autor do livro "The Physics of Superheroes" (Gotham Books/2005), considerou que, tendo a teia propriedade elástica, o tempo gasto para, de fato, parar a queda de uma moça com massa aproximada de 50 kg seria de 0,5 segundo.

Determine o valor da força necessária para parar Gwen Stacy dessa queda, que causou a morte da namorada do Aranha em razão da quebra de sua coluna cervical.

2. (Adaptado - UNICAMP) Stivinson José, um famoso físico, ao observar de perto um gigantesco Buraco Negro M-86, sofreu um acidente com Radiações Hawking, transformando-se no famoso super-herói "***Mega π***". Em certa ocasião, nosso herói salvou, no último segundo, sua amada "Valentina", que caía de uma grande altura. Se a desafortunada senhorita, de 90 kg caía, a partir do repouso, de uma altura de 130,0 m e nosso super-herói a tenha interceptado 5,0 m antes de ela chegar ao solo, demorando 0,05 s para detê-la, isto é, para anular sua velocidade vertical, qual a força média aplicada pelo super-herói Mega π sobre seu amor?

3. Thor, o deus da mitologia nórdica, é um dos integrantes dos Vingadores. Ele é o usuário do poderoso martelo Mjölnir. A arma é usada por Thor como um condutor de seus poderes, capaz de gerar grandes correntes elétricas, retornar à mão do seu portador livremente, independentemente das distâncias, além de transportar o seu usuário, quando balançado, possivelmente em

razão de sua grande inércia. De acordo com os quadrinhos, o martelo foi forjado a partir do núcleo de uma estrela em seus estágios finais de vida, em razão de um grande colapso gravitacional, provavelmente uma estrela anã ou uma estrela de nêutrons. A densidade desses corpos celestes está entre as maiores de todo o universo, chegando a até 10^{17} kg/m^3. Considere que a cabeça do martelo do Thor seja aproximadamente um paralelepípedo de 22 cm de altura x 14 cm de largura x 14 cm de altura. No filme Thor Ragnarok, antes de arremessar o Mjölnir contra Hela, sua irmã, Thor gira com uma frequência de 300 RPM e um raio de giro de 0,5 m. Ao sair da mão do deus do trovão, o martelo vai em direção a Hela, que o segura com apenas uma de suas mãos. Considerando que o tempo utilizado por Hela para parar completamente o martelo tenha sido de 0,1 s, calcule a força feita por Hela para conseguir esse incrível feito. Calcule a tração no cabo do martelo durante o giro.

4. Um dos dispositivos mais básicos do Batman é a *Grappling gun*, que lhe permite se movimentar entre os edifícios com maior facilidade ou se impulsionar para o topo de um prédio com o simples puxar de um gatilho. Considere que Batman tenha massa de 100 kg e que o dispositivo

o puxe com velocidade de 36 km/h para cima. Considere o tempo que o dispositivo leva para tirá-lo do chão de 0,3 segundos, ou seja, para tirá-lo do repouso e fazer com que ele atinja essa velocidade. Calcule a força máxima feita no cabo nesse momento e a força mínima durante o içamento do herói com velocidade constante.

5. (UCS) Na série Batman & Robin, produzida entre os anos 1966 e 1968, além da música de abertura que marcou época, havia uma cena muito comum: Batman e Robin escalando uma parede com uma corda. Para conseguir andar subindo na vertical, eles não usavam apenas os braços puxando a corda, mas caminhavam pela parede contando também com o atrito estático. Suponha que Batman, escalando uma parede nessas condições, em linha reta e com velocidade constante, tenha 90 kg, mas o módulo da tração na corda que ele está segurando seja de 750 N e esteja direcionado (para

fins de simplificação) totalmente na vertical. Qual o módulo da força de atrito estática entre seus pés e a parede?

6. Peter Parker utiliza suas teias para imobilizar inimigos e para se locomover. Em uma cena específica do segundo filme, o Homem-Aranha utiliza suas teias para desacelerar até o repouso um grande trem que cairia em um rio. Carregando quase mil passageiros, os trens de Nova Iorque movem-se até 90 km/h, com uma massa de 200.000 kg. Sabendo que o herói demora cerca de 12,5 segundos para levar o trem ao repouso, calcule o valor da força exercida em cada um dos braços de Peter Parker nesse incrível salvamento.

7. Depois de um acidente que envolvia uma grande exposição à radiação gama, durante a detonação de uma bomba experimental, o cientista Bruce Banner desenvolveu o poder de se transformar em uma criatura de força colossal e pele

esverdeada, com 2,30 m de altura e cerca de 630 kg, números bastante impressionantes quando comparados aos de Bruce, um ser humano comum, de 1,60 m e 58 kg. Por mais impressionante que seja a sua transformação, algo é ainda mais intrigante: a origem de sua grande massa adicional. Possivelmente, uma grande quantidade de energia foi absorvida durante o evento radioativo que o transformou, já que, de acordo com a equação de Einstein, existe uma relação entre massa de repouso e energia, dada por $E = mc^2$, na qual c é a velocidade da luz (3.10^8 m/s).

Tsar Bomb é o nome dado à bomba RDS-220, a mais potente arma nuclear já detonada. Desenvolvida pela União Soviética, a bomba de 58 megatons (equivalente a 58 milhões de toneladas de trinitrotolueno, sendo duas vezes mais potente que o segundo maior teste nuclear chamado de Teste 219, que rendeu 24,2 Mt), levava o nome-código de "Ivan" (em russo: Иван) dado pelos seus desenvolvedores. A bomba foi testada em 30 de outubro de 1961, em Nova Zembla, uma ilha no Oceano Ártico. Teve uma redução de 50 megatons do seu desenho original para minimizar a escala de destruição. Em função de seu enorme tamanho, a bomba não era prática para propósitos de guerra e foi criada, primariamente, para ser usada como propaganda na Guerra Fria. Não há evidências de que outra bomba de poder similar tenha sido feita.

Já que 50 Mt é igual a $2{,}1\times10^{17}$ joules, a média de potência gerada durante todo o processo fissão-fusão (que durou cerca de $3{,}9\times10^{-8}$ segundos, ou 39 nanosegundos), seria estimada em $5{,}3\times10^{24}$ watts ou 5,3 YottaWatts. Isso é o equivalente aproximado de 1% da energia que o Sol libera durante a mesma fração de segundo.

Ao se transformar no Incrível Hulk, Bruce Banner adquire cerca de 570 kg. Calcule a energia absorvida pelo herói e compare essa quantidade com uma Tsar Bomb.

8. Caindo com a linda jornalista Vicki Vale do topo de uma das torres de sino de Gotham City, no primeiro filme de Batman (1989), com um disparo de sua *Grappling gun*, Batman enlaça uma das gárgulas da torre, parando a queda e salvando suas vidas. Assumindo uma massa total de 150 quilogramas para o par em queda, uma taxa de velocidade quase terminal de queda de 40 m/s e uma parada abrupta de 0,1 segundo para zero, calcule a força que o herói teria de suportar em seu braço para aguentar essa variação de movimento.

Figura 1

9. No filme "Batman, o Cavaleiro das Trevas", Batman salva os reféns que estão vestidos como palhaços (bandidos do Coringa) e prende os bandidos, que estão vestidos como reféns (médicos). Para conseguir esse feito, primeiramente ele precisa anular o ataque dos policiais da SWAT, para que eles não atirem nos inocentes. Batman luta com os policiais da força tática e amarra uma corda em cada um deles. Logo depois, ele empurra o primeiro policial do prédio, arrastando-os

consigo, de modo que ficam pendurados pela corda do lado de fora do prédio.

Nessa cena, Batman derruba 6 policiais, que ficam distantes entre si em aproximadamente 3 m. Considere a massa de cada policial igual a 65 kg e despreze a massa da corda.

a) Calcule a tração em cada uma das cordas para que os policiais fiquem à salvo em repouso.

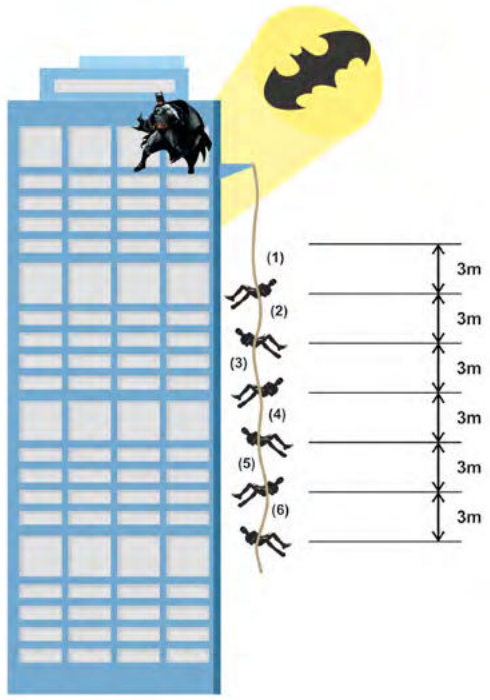
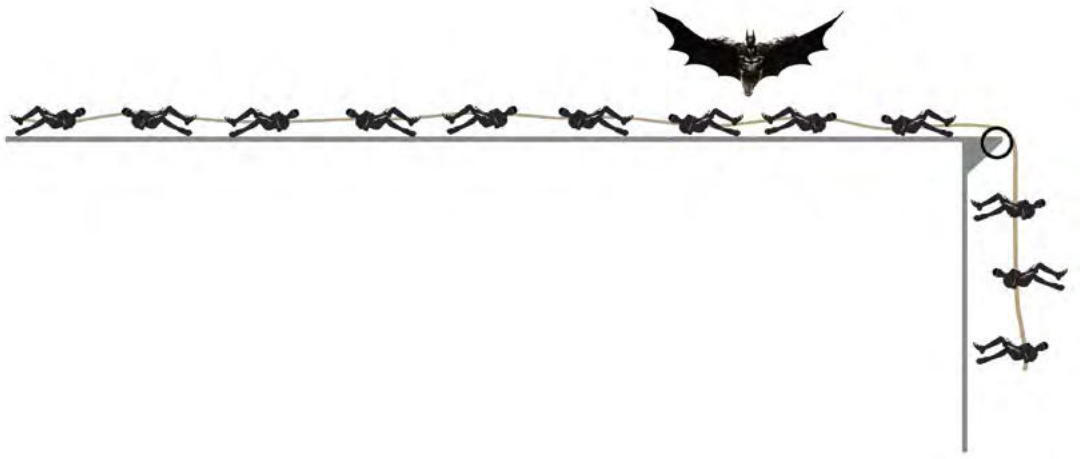


Figura 2

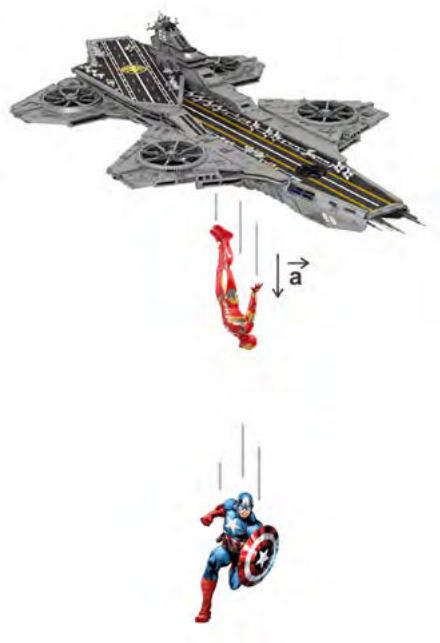
b) Considere que existam 12 policiais amarrados de maneira idêntica, todos com mesma massa. Sendo o coeficiente de atrito estático entre o solo e os policiais igual à 0,5 e considerando a velocidade inicial nula dos soldados, calcule o número máximo de policiais que podem ficar pendurados sem que eles escorreguem.



10. Dragon Ball Z é uma importante série de animação, fundamentada na série de mangá Dragon Ball. No episódio "Yamcha morre! Os temíveis Saibaimans", a épica batalha resultou na morte de Yamcha, depois que Saibaman o agarra e explode. Felizmente, Yamcha foi ressuscitado. Considere que Yamcha possua 1,75 m e 63 kg e que a explosão no solo tenha formado uma cratera de 2 m de diâmetro.

Sabe-se que uma explosão no nível do solo produz uma cratera com diâmetro proporcional à raiz cúbica da energia da explosão e que uma explosão de 1 megaton de TNT deixa uma cratera de 1 km de diâmetro. Considere que 1 megaton seja equivalente a $4{,}2 \times 10^{15}$ J. Calcule a energia associada a esse impacto.

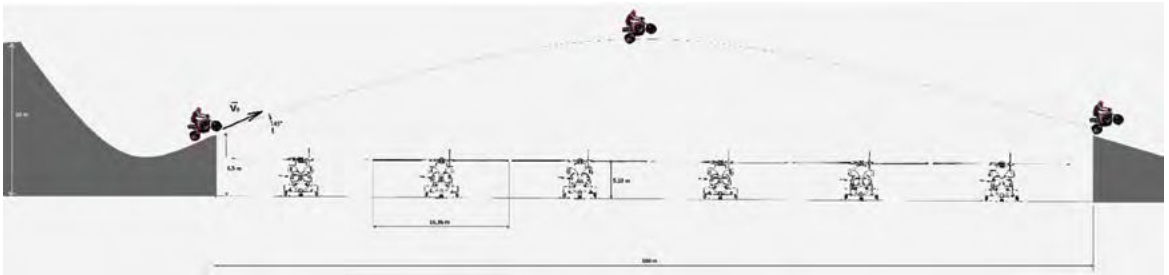
11. Em uma das batalhas dos Vingadores, Tony Stark, o Homem de Ferro, precisou salvar o Capitão América, que caiu a partir do repouso do porta-aviões aéreo da S.H.I.E.L.D, que se encontrava a 800 m de altura. Se Tony Stark parte do repouso do alto do porta-aviões aéreo cinco segundos após o início da queda do Capitão e o intercepta a 300 m de altura, calcule o valor da aceleração que o Homem de Ferro imprimiu à sua armadura, em seu voo vertical, para conseguir salvar o Capitão América. Considere o módulo da aceleração da gravidade local $g = 10\ m/s^2$ e despreze a resistência do ar.



12. No filme "Motoqueiro Fantasma" (2007), da Marvel Comics, o astro de proezas com motocicleta Johnny Blaze fez um pacto com o diabo para proteger as pessoas que amava. Durante o dia, Johnny é um motoqueiro de proezas, mas à noite, na presença do mal, ele se torna o Ghost Rider, um caçador de demônios rebeldes.

Em uma das cenas do filme, Johnny Blaze faz um arriscado salto sobre nada menos que 6 helicópteros UH-60 Black Hawk, com as pás dos rotores em movimento, dentro de um estádio. Cada um desses helicópteros possui um diâmetro dos rotores de 16,36 m, totalizando uma distância do salto de cerca de 100 m.

Considere que o salto aconteceu entre duas rampas de mesma altura, com inclinações de 45°, separadas por 100 m. Admita $g = 10\ m/s^2$ e despreze a resistência do ar.



a) Qual é a velocidade V_0 da motocicleta, em km/h, ao sair da rampa inicial?
b) Sabendo que a altura das rampas era de 6,5 m no momento do salto, calcule a altura máxima atingida pela motocicleta.
c) Qual é o tempo de duração desse salto entre a saída da rampa inicial e o toque da motocicleta na rampa final?

13. A Caverna do Dragão é uma série de animação coproduzida pela Marvel Productions, TSR e Toei Animation, que mostra uma história de seis crianças americanas dos anos 1980 que tentam voltar a seu mundo após chegarem ao Reino de Dungeons & Dragons, em um passeio pela montanha russa chamada Dungeons & Dragons. Nesse passeio, um portal se abre e transporta as crianças para outro mundo, chamado "Reino", onde recebem as armas do poder do Mestre dos Magos. Os jovens passam por diversas aventuras buscando voltar para casa e enfrentam o "Vingador", um mago maléfico que tenta tomar as armas do poder dos jovens, e o dragão Tiamat. Os protagonistas da série são os jovens Hank, Eric, Sheila, Preto, Bobby e Diana. Diana é uma acrobata com catorze anos de idade, filha de um pai astrônomo, extremamente confiante e centrada, já apresentando habilidades acrobáticas no mundo real. Recebeu um bastão, usado em saltos e acrobacias, tão flexível quanto às flechas de Hank. Dessa forma, o bastão pode se regenerar se for quebrado.

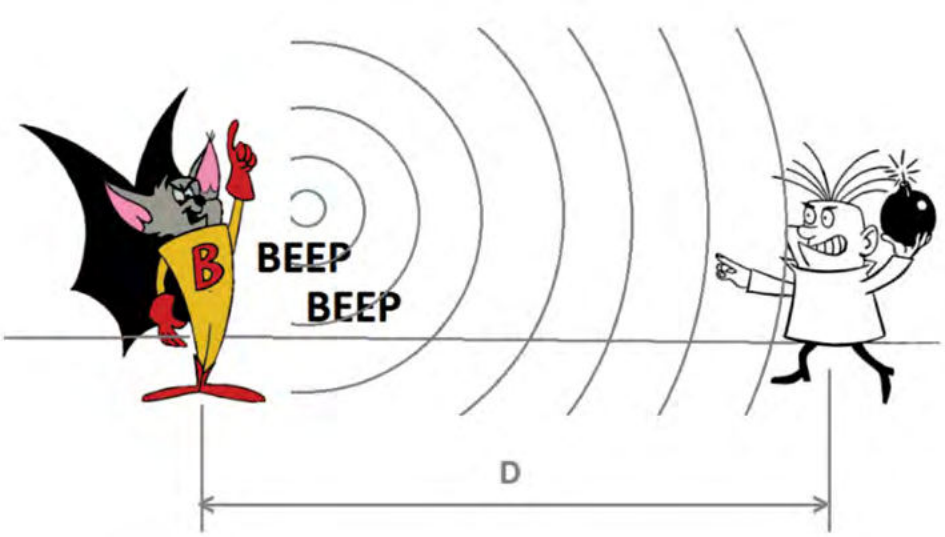
Considere que Diana, utilizando seu bastão, tenha realizado um salto para alcançar o alto de um penhasco e, assim, escapar de Tiamat, projetando seu centro de massa a uma altura de 5,0 m. Considere também que o bastão mágico de Diana apenas converta seu movimento horizontal (corrida) em movimento vertical, sem perdas de energia. Desconsidere os efeitos do trabalho muscular de Diana após o início do salto e calcule a velocidade máxima atingida por ela antes do salto.

O texto a seguir se refere às questões 14 e 15.

Em janeiro de 1966, a série Batman começou a ser exibida na TV e logo de cara conquistou o público. Hal Seeger resolveu aproveitar o embalo e criou um novo herói, o Batfino (BatFink). No Brasil, a animação estreou na Tv Excelsior no final da década de 1960, sendo reprisada na década de 1980 pela Rede Record. Batfino recebia

videochamadas em sua caverna e saía para auxiliar o chefe de polícia de sua cidade contra uma série de supervilões bizarros, como Hugo A-Go-Go, Ernie Orelhudo e Fatman. Para combater o crime, ele usava seu "supersônico sonar radar", que indicava as posições dos bandidos, e sua incrível asa, que funcionava como uma couraça de aço e lhe permitia voar. Ao ser alvejado por tiros, o pequeno herói sempre falava seu bordão: "*suas balas não me atingem, minhas asas são como uma couraça de aço*". Batfino contava com a ajuda de seu inseparável ajudante, Karatê, um grandalhão especialista em artes marciais e motorista do Batilac, um fusca cor-de-rosa com asas de morcego na traseira, equipado com um plutônio termonuclear. Assim como Batfino foi inspirado por Batman, outro herói da Fox (produtora da série Batman) também se inspirou em Batfino: em setembro do mesmo ano, surgiu na televisão o Besouro Verde, acompanhado de um ajudante oriental que também era o motorista, vivido por ninguém menos que Bruce Lee.

14. Utilizando seu incrível "supersônico sonar-radar", Batfino emite ondas ultrassônicas, com frequência de 200 kHz pelas narinas. Essas ondas atingem obstáculos no meio ambiente e voltam na forma de ecos com frequência menor. Esses ecos são recebidos por Batfino e, com base no tempo em que os ecos demoram a voltar, nas direções de onde vêm e nas direções de onde nenhum eco vêm, ele percebe se há obstáculos no caminho, as distâncias, as formas e as velocidades relativas entre eles. Considere a velocidade do som igual a 340 m/s.

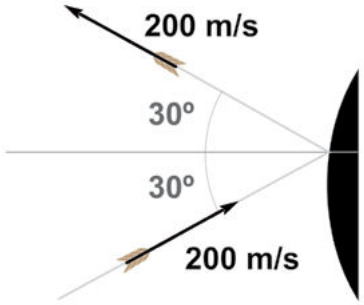


Calcule:

a) O comprimento das ondas emitidas por Batfino.

b) A distância D ente Batfino e seu arquivilão Hugo A-Go-Go, sabendo que Batfino capta o eco dessa onda sonora 0,4 s depois de sua emissão.

15. Em uma emboscada, Ernie Orelhudo dispara tiros de metralhadora contra Batfino e Karatê. Usando suas asas, Batfino protege seu amigo dos tiros. Considere que os tiros cheguem até a asa de Batfino com velocidade de 200 m/s, formando um ângulo de 30° com a normal, e ricocheteiem com o mesmo ângulo, saindo também com velocidade de 200 m/s, sempre horizontalmente. Despreze os efeitos da força peso sobre o projétil.



a) Sabendo que a metralhadora dispara 10 tiros por segundo e que a massa de cada projétil é m = 40 g, calcule a energia absorvida por Batfino durante 1 minuto, supondo que ele fique em repouso.
b) Calcule o menor coeficiente de atrito estático capaz de manter Batfino em repouso durante a interação com os projéteis. Considere a massa de Batfino m_B = 10 kg.

16. A Formiga Atômica é um desenho animado de um super-herói criado por Hanna-Barbera em 1965. Ela tem sua base em um formigueiro próximo da cidade, onde possui um computador do tipo *mainframe* e equipamentos de exercício. Seus poderes consistem em habilidade de voar, supervelocidade e força descomunal.

A frase de ação da Formiga Atômica *"Up and At'em, Atom Ant!"* foi traduzida pela dublagem original brasileira para "Lá vai a triônica, Formiga Atômica" e era proferida a cada ataque. Sempre que não conseguia ter força suficiente para determinada tarefa, ela voltava ao seu

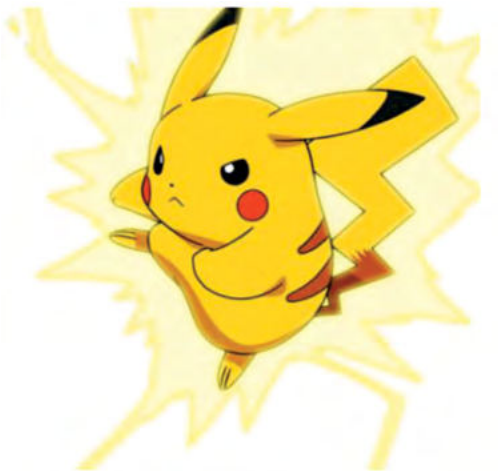
formigueiro, levantava os halteres algumas vezes e voltava para completar sua missão.

Considere que a Formiga Atômica levante halteres de massa total de 2 toneladas, conforme o desenho. Admita que ela levante essa massa à uma altura de 1 cm, com uma frequência de 2 Hz, deixando que a força peso a traga de volta ao solo, ou seja, usando sua força apenas para levantá-la.

a) Calcule a potência necessária para esse feito e o gasto energético durante 10 s.

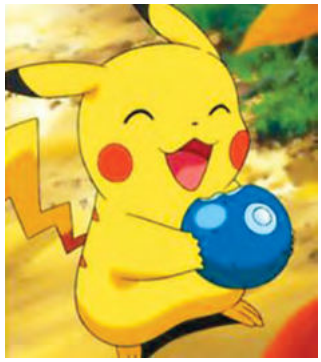
b) Considere a área do "dedo indicador" do pequeno inseto como sendo 0,01 mm^2. Calcule a pressão exercida sobre seu "dedo", se ela segura os halteres conforme a figura anterior.

17. Em uma batalha Pokémon, Pikachu (ピカチュウ) aplicou o famoso "Choque do Trovão" e enviou raios que transportaram para seu oponente uma carga de 5 C sob uma diferença de potencial de 200 MV. Considere $U = E/Q$ e $1\ J = 3 \times 10^{-7}$ kWh, sendo U = diferença de potencial (V), E = Energia (J) e Q = Carga Elétrica (C), e 1 cal = 4 J.



a) Calcule o tempo que a energia liberada por esse raio poderia manter em funcionamento uma residência que consome 150 kwh/mês de energia elétrica.

b) O Pikachu se alimenta de pequenas frutas chamadas de *berries*, que possuem valor energético de 100 kcal/100 g. Calcule a quantidade de *berries* que ele precisaria comer para emitir esse ataque. Considere que seu corpo tenha eficiência de 100%.



c) Pikachu também gosta de "pokelinas", uma pequena fruta colorida. Em um dos episódios, com a ingestão de apenas 5 pokelinas, Pikachu foi capaz de manter um Centro Pokémon funcionando por 1 dia inteiro. Considere que o consumo de energia elétrica do Centro Pokémon seja de 1.500 kWh/mês e calcule o valor energético de uma pokelina. Um lanche X-Tudo possui em média 1.500 kcal. Uma pokelina possui energia equivalente a quantos lanches X-Tudo?

18. Graveler é um pokémon do tipo pedra e utiliza sua energia cinética em seus poderosos ataques. Considere que Graveler ocupe um volume de 200 L, tenha densidade de 2,7 g/cm³ (granito) e consiga se locomover com velocidade de 90 km/h.

a) Calcule a energia associada ao ataque.

b) Sabendo que o tempo de contato de Graveler com seu alvo seja 0,1 s, ou seja, que ele demore esse tempo para parar completamente após a colisão com o alvo, que permanece parado todo o tempo, calcule o valor da força desse impacto.
c) Sabendo que o alvo possui massa de 290 kg, qual dos dois sofreu uma força maior, Graveler ou o alvo? Justifique.

19. Mewtwo é um pokémon lendário do tipo psíquico, criado por manipulação genética com base no Mew, outro raro pokémon. Ele consegue mover objetos através da telecinesia. Em um dos episódios, Mewtwo utilizou seus poderes para levantar Ash, um treinador pokémon de massa de 70 kg, a uma altura de 30 m. Considere que Mewtwo possua uma eficiência energética de 20%, ou seja, que 20% da energia que ele recebe dos alimentos possa ser convertida em telecinese. Uma barra de chocolate ao leite possui valor energético de 539.6 kcal/100 g = 2266 kJ/100 g. Calcule a quantidade de chocolate ao leite que Mewtwo deve ingerir para conseguir repor a energia gasta nessa manobra.

20. Grande caçador de pokémons, o jovem Guilherminho fez uma importante aquisição para sua coleção, o poderoso **Charmander**. Na figura a seguir, temos o momento da captura do Charmander no jardim de sua residência, reconstruída a partir de fotografias múltiplas. Nessa

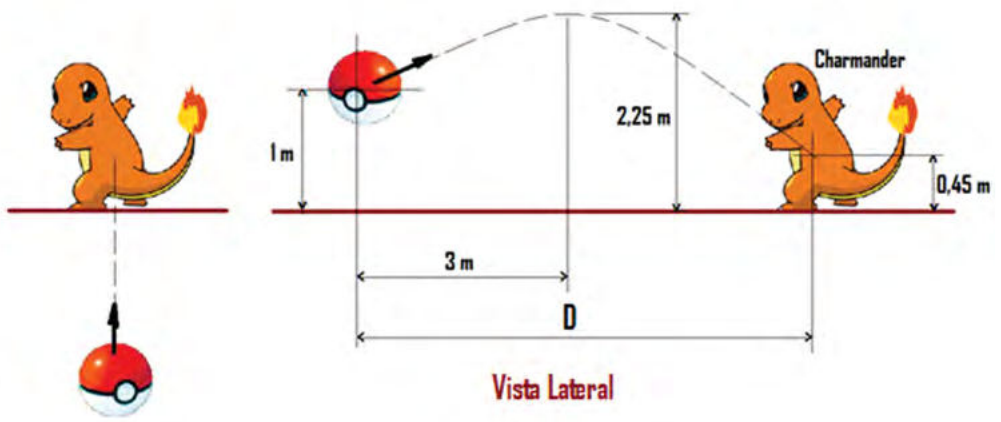
representação, está indicada também, em linha tracejada, a trajetória da pokebola. Utilizando a escala estabelecida pela altura do lançamento, de 1,0 m, é possível estimar que a pokebola atingiu uma altura máxima de 2,25 m e que isso ocorreu a uma distância de 3,0 m na horizontal, a partir do início do salto, como indicado na figura. A pokebola atingiu Charmander a uma altura de 45 cm do solo. Considerando essas informações, estime:

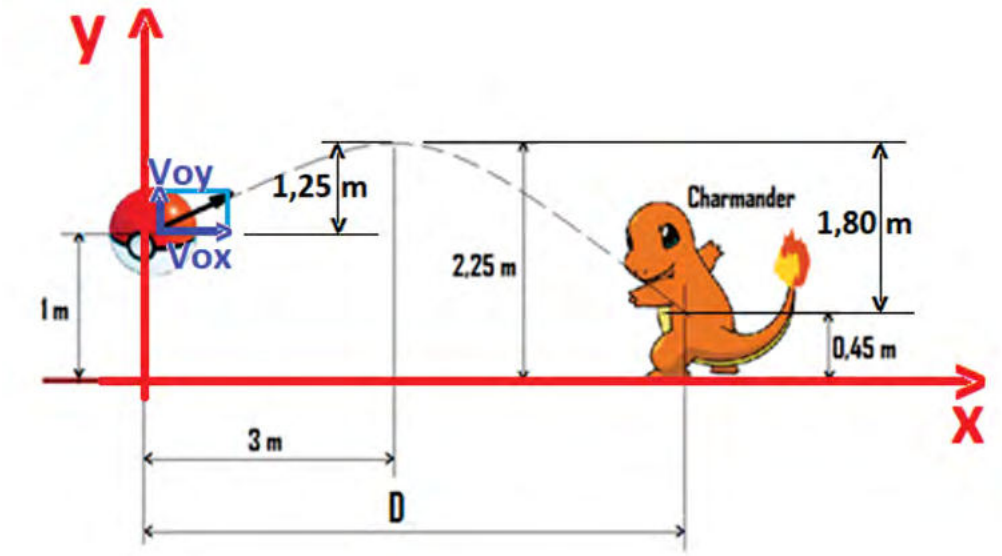
a) A velocidade horizontal média, V_H, em m/s, da pokebola durante o arremesso.

b) O intervalo de tempo entre o instante em que a pokebola foi arremessada e o instante em que ela atingiu Charmander.

c) A distância D entre a bola e Charmander no início do arremesso.

d) A energia empregada no arremesso, sabendo que a pokebola tem massa m = 500 g.

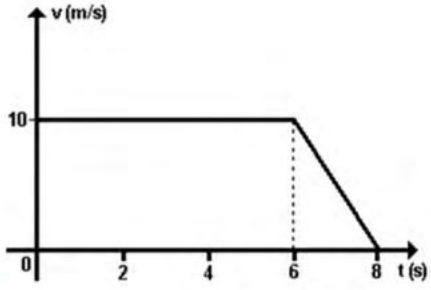




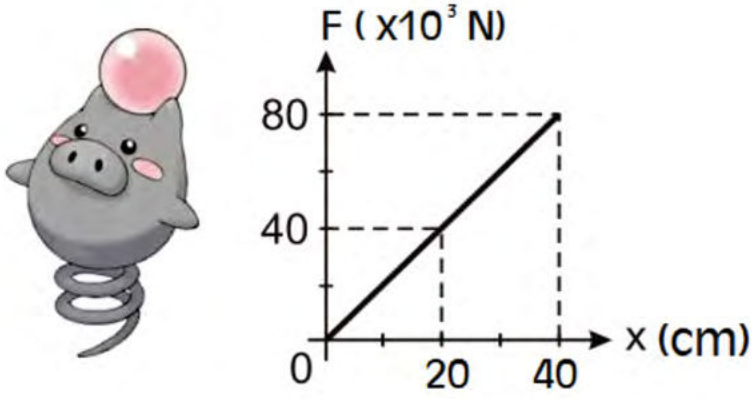
21. (Adaptado – FUVEST) O gráfico velocidade contra tempo, mostrado adiante, representa o movimento retilíneo de um Bulbasaur de massa m = 10 kg em um campo de grama molhada. No instante t = 6 s, o Bulbasaur vê um membro da Equipe Rocket à sua frente e começa a frear. Bulbasaur, então, com as patas travadas, desliza no campo até parar completamente. Despreze a resistência do ar.

a) Qual é o coeficiente de atrito entre as patas do Bulbasaur e o campo?

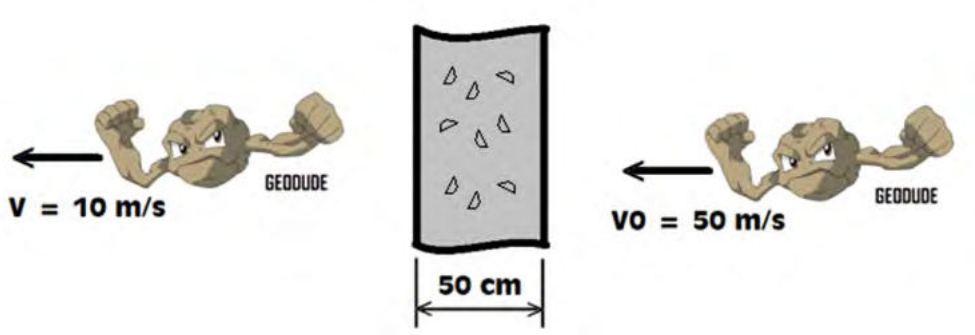
b) Qual é o trabalho, em módulo, realizado pela força de atrito entre os instantes t = 6 s e t = 8 s?



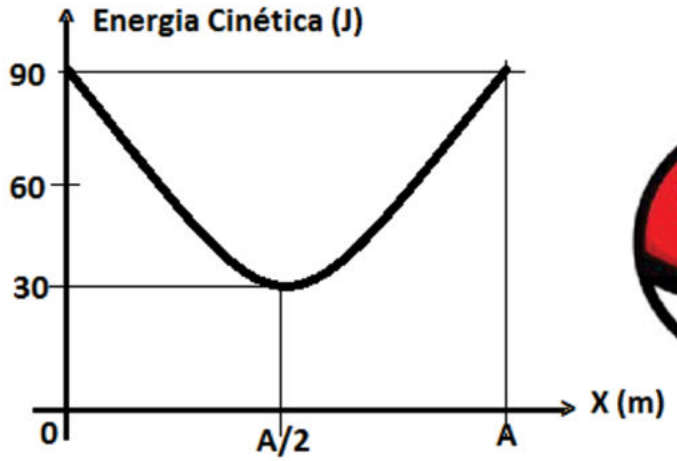
22. Alamomola (Spoink) é um pokémon raro, que tem uma cauda em forma de mola utilizada para ficar saltitando. O gráfico a seguir indica como o módulo da força elástica da mola varia com a posição x do pokémon. Calcule o trabalho realizado pela força elástica da cauda do Alamomola para levá-lo da posição $x = 40$ cm até a posição $x = 20$ cm.



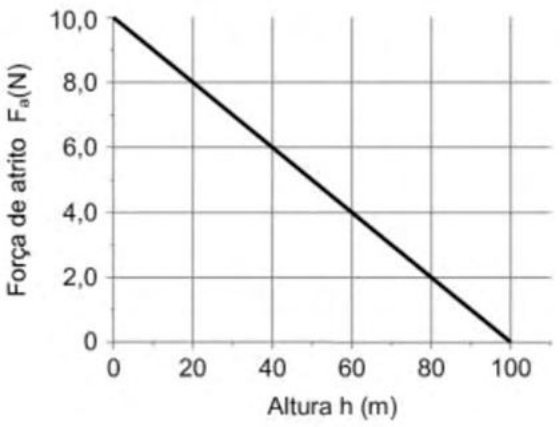
23. Geodude é um pokémon do tipo pedra, com massa m = 20 kg. Ele investe contra a parede de 50 cm de espessura de um famoso Centro Pokémon, com velocidade inicial Vo = 50 m/s, saindo do outro lado com velocidade V = 10 m/s. Como você acaba de ser contratado como engenheiro chefe desse centro, pretende fazer uma parede capaz de deter esse pokémon. Calcule a espessura mínima de parede capaz de bloquear totalmente esse ataque pokémon.



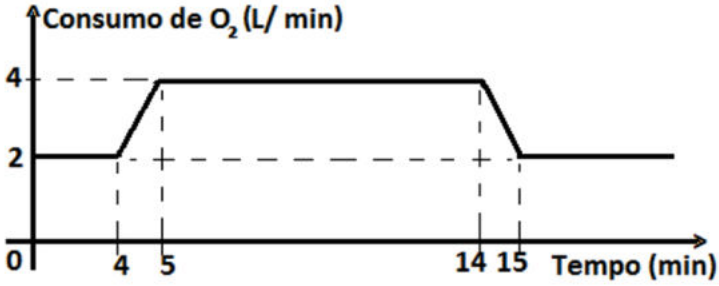
24. (Adaptado – UFC) Uma pokebola de massa m = 500 g é lançada do solo, com velocidade V_0 e ângulo θ, menor que 90º. Despreze qualquer movimento de rotação dessa pokebola e a influência do ar. O valor da aceleração da gravidade, no local, é g = 10 m/s². O gráfico a seguir mostra a energia cinética da pokebola como função do seu deslocamento horizontal x. Analisando o gráfico, podemos concluir que a altura máxima atingida pela pokebola é:



25. (Adaptada – UFPE) Uma pokebola de 2,0 kg (já com um pokémon armazenado) é lançada a partir do solo na direção vertical, com uma velocidade inicial tal que ela alcança a altura máxima de 100 m. O gráfico mostra a dependência da força de atrito F_a, entre a pokebola e o meio, com a altura. Determine a velocidade inicial da pokebola.

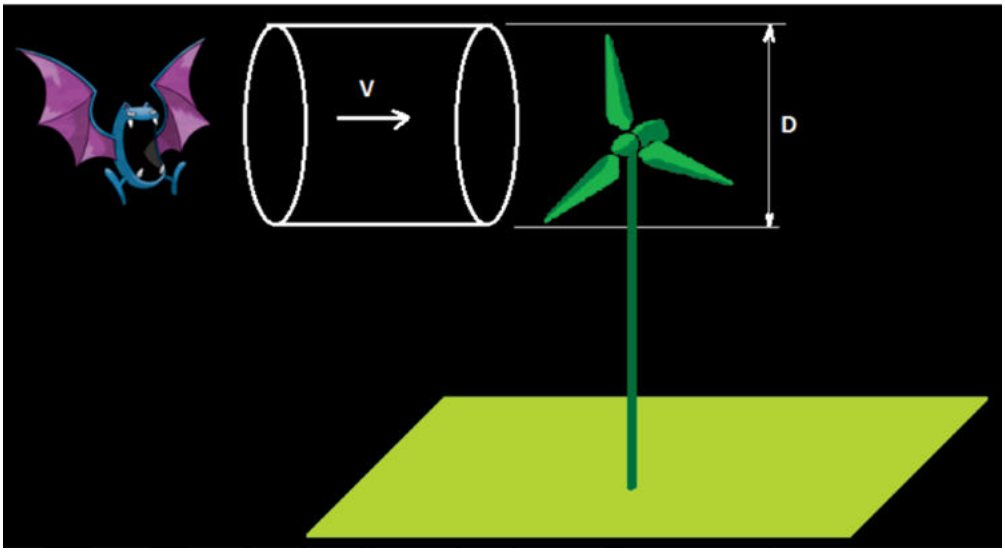


26. (Adaptado – FUVEST) Em uma caminhada, Meowth consome 2 litros de O_2 por minuto, quantidade exigida por reações que fornecem a seu organismo 40 kJ/minuto (ou 10 "calorias dietéticas"/minuto). Em dado momento, o Pokémon passa a correr, voltando depois a caminhar. O gráfico representa seu consumo de oxigênio em função do tempo.



Por ter corrido, qual foi, aproximadamente, a quantidade de energia consumida por Meowth a mais do que se tivesse apenas caminhado durante todo o tempo?

27. (Adaptada – UNICAMP) Golbat é um pokémon do tipo voador. Em um Centro Pokémon, um cata-vento utiliza a energia cinética do vento provocado por suas asas para acionar um gerador elétrico. Para determinar essa energia cinética, deve-se calcular a massa de ar contida em um cilindro de diâmetro D e comprimento L, deslocando-se com a velocidade do vento V e passando pelo cata-vento em t segundos. Veja a figura a seguir. A densidade do ar é 1,2 kg/m^3, D = 10,0 m e V = 30 m/s. Aproxime $\pi = 3$.

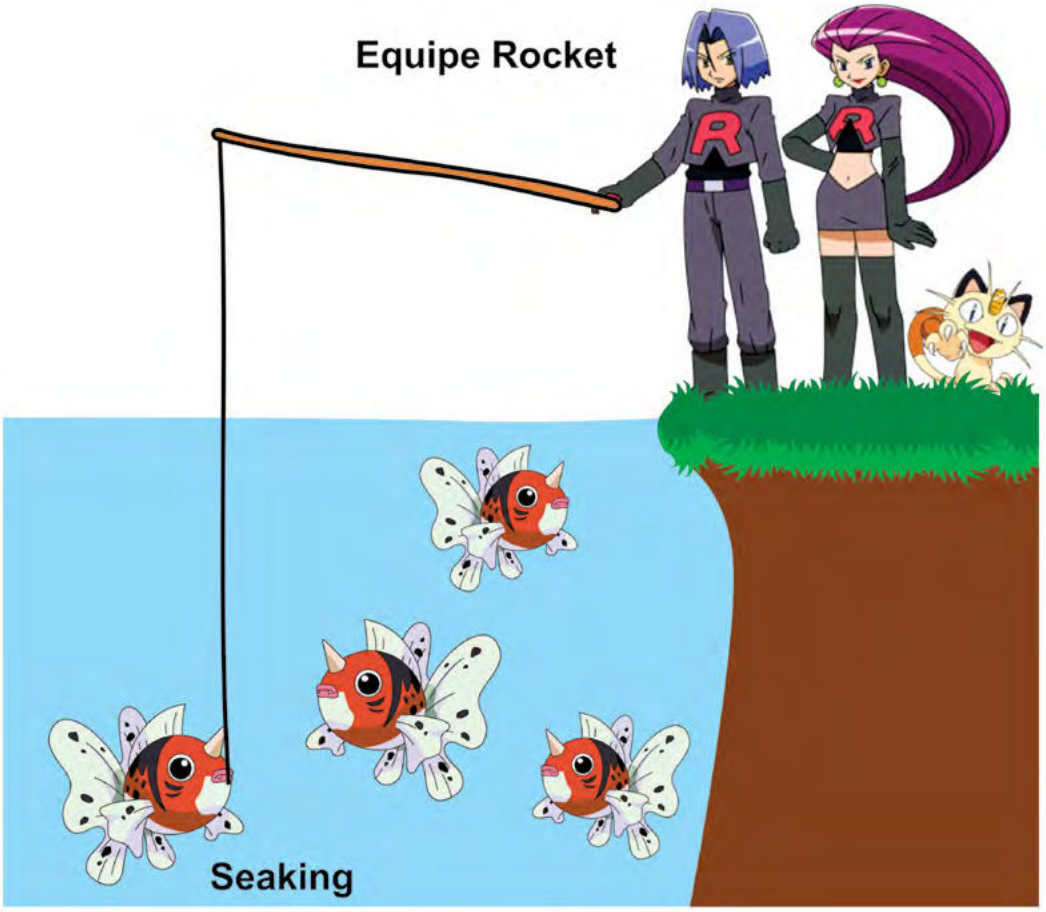


Admitindo que esse cata-vento converta 50% da energia cinética do vento em energia elétrica, qual é a potência elétrica gerada?

28. (Adaptado – UNICAMP) Suponha que um Graveler de 500 kg colida frontalmente com um lago a 360 km/h. A colisão é perfeitamente inelástica e libera enorme quantidade de calor. Sabendo que são

necessários 2,5x10^6 J para vaporizar 1,0 litro de água, calcule a quantidade de água que evaporaria nessa colisão.

29. (Adaptado – UNICAMP) Durante a estação da desova, Seakings se reúnem de toda parte, colorindo os rios com um vermelho brilhante. Usando seu chifre, eles cavam buracos em pedras de leitos fluviais, fazendo ninhos para prevenir que os ovos sejam levados pela água. Conhecendo esse comportamento, a Equipe Rocket (Jessie, James e Meowth) decide tentar capturar um exemplar desse pokémon utilizando uma vara de pesca. James fisgou um Seaking de massa m_S = 12 kg, cuja densidade é 1.200 kg/m^3. Considere a massa específica da água igual a 1.000 kg/m^3.


Equipe Rocket
R
R
Seaking

Diâmetro (mm)	Tração (kgf)
0,20	2,70
0,25	4,20
0,30	5,30
0,35	6,80
0,40	9,10
0,45	11,60
0,50	15,00
0,60	20,00

Considerando a tabela anterior, que fornece a tração que uma linha de pesca pode suportar em função do seu diâmetro, determine:

a) O diâmetro mínimo da linha de pesca, entre os apresentados na tabela, para que James levante o pokémon, enquanto ele estiver totalmente submerso, sem resistir.

b) O diâmetro mínimo da linha de pesca, entre os apresentados na tabela, para que o membro da Equipe Rocket levante o pokémon totalmente para fora d'água. Admita que o monstrinho engula 3,0 litros de água.

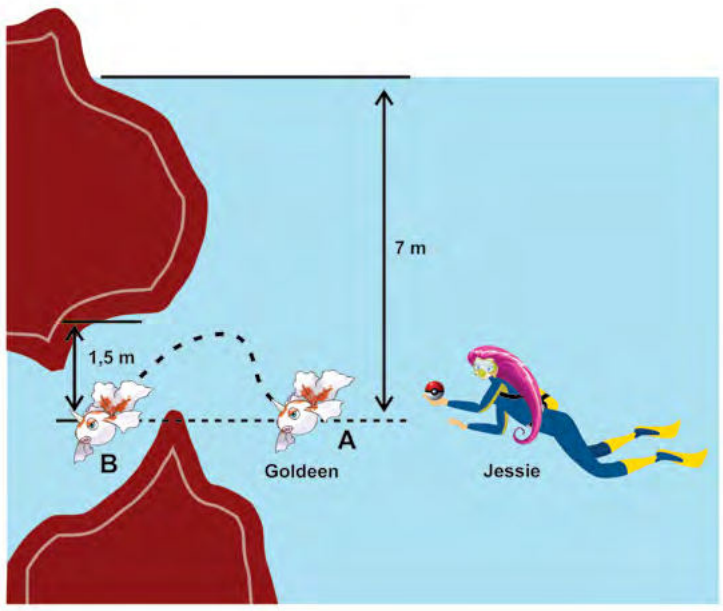
30. "Com quantos paus se faz uma canoa?". Você já deve ter ouvido em algum momento a máxima popular: "*Vou lhe mostrar com quantos paus se faz uma canoa!*". Porém, as canoas são embarcações monóxilas, ou seja, feitas a partir de um único tronco de madeira escavado. Junto com as balsas, são as mais antigas embarcações utilizadas pelo homem. A jangada é outro tipo de embarcação bastante simples e rudimentar, feita com vários troncos agrupados. No episódio de Pokémon "*A Ilha dos Pokémon*

Gigantes", nossos heróis e a Equipe Rocket conseguem sobreviver ao naufrágio do St. Anne utilizando-se de troncos de madeira. Considere que Brock (85 kg) e Misty (55 kg) construam uma jangada feita de troncos de madeira, com densidade igual a 0,80 g/cm³, diâmetro 0,20 m e comprimento 1,5 m, feita para sustentar os dois. Com quantos paus se faz essa jangada? Ou seja, quantos troncos serão necessários para que a jangada os sustente? Considere: $\pi = 3$, $g = 10$ m/s² e $\mu_{água} = 1$ kg/L.

31. Omastar é um pokémon de tipo água e pedra. Ele é capaz de rachar a concha de Shellders com seus dentes afiados, sugando seu interior. Ele utiliza seus tentáculos para agarrar sua presa, segurando-a fortemente e impedindo que ela escape. Ele devora a vítima,

rasgando-a com seus dentes afiados. Considere que os afiados dentes de Omastar sejam praticamente circulares, com diâmetro de 0,2 mm e que as conchas de Shellders consigam suportar pressões de $2x10^2$ atm. Calcule a força feita pelos maxilares de Omastar para causar o rompimento dessa concha.

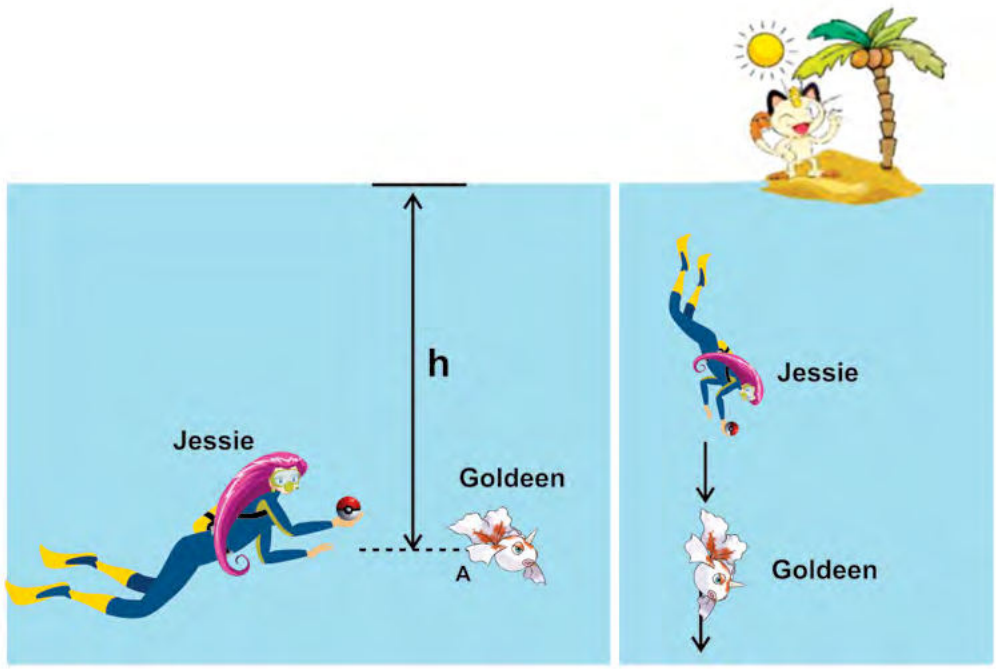
32. (Adaptado – UNICAMP) Goldeen é um raro pokémon aquático. Suas barbatanas dorsal, peitoral e da cauda ondulam elegantemente na água. É por isso que ele é conhecido como o dançarino das águas. A fim de capturá-lo, Jessie, da Equipe Rocket, veste uma roupa de mergulhadora e o persegue a 7,0 m abaixo da superfície de um lago. Goldeen foge da posição A e se esconde em uma gruta na posição B, conforme mostra a figura. A pressão atmosférica na superfície da água é igual a $P_0 = 1{,}0.10^5\ N/m^2$. Adote g = 10 m/s^2.



a) Qual é a pressão sobre Jessie?

b) Qual é a variação de pressão sobre Goldeen nas posições A e B?

33. Persistente, ainda tentando capturar um Goldeen, Jessie, da Equipe Rocket, persegue o monstrinho horizontalmente a uma profundidade h abaixo da superfície de um lago. Como Jessie não se empenhou em seus estudos de Física, em determinado momento, solta a pokebola, que começa a subir. Considere que uma pokebola tenha volume de 0,2 L e massa de 100 g. Se a pokebola leva 3 segundos para atingir a superfície do lago, calcule a profundidade em que a perseguição ocorria.



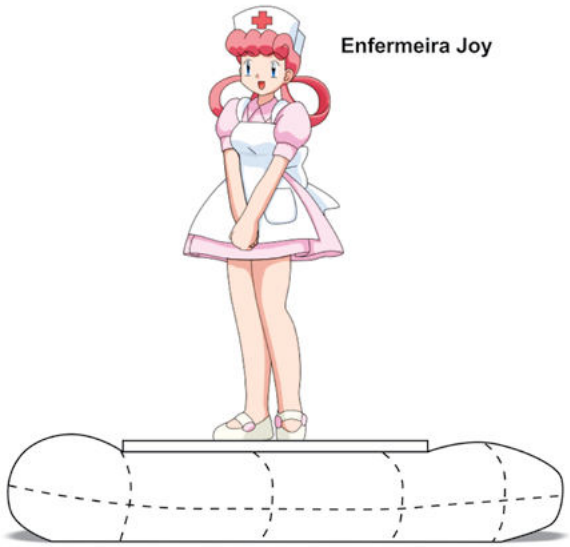
34. (Adaptado – FUVEST) Goldeen é um raro pokémon aquático. É um poderoso nadador, capaz de nadar sem parar e subir fortes correntezas com uma velocidade fixa de cinco nós (2,5 m/s). A fim de capturá-lo, Jessie, da Equipe Rocket, veste uma roupa de mergulhadora e o persegue verticalmente para baixo, em uma praia de águas profundas. O

organismo humano pode ser submetido, sem consequências danosas, a uma pressão de, no máximo, $4x10^5$ N/m² e a uma taxa de variação de pressão de, no máximo, 10^4 N/m² por segundo.

a) Ela seria capaz de alcançar esse pokémon?

b) Qual é a profundidade máxima recomendada para que Jessie siga o monstrinho?

35. (Adaptado – FAAP) Enfermeira Joy não é apenas uma pessoa, muitas Joys trabalham como enfermeiras nas várias regiões do mundo Pokémon. Como regra geral, Enfermeiras Joys são amáveis, sinceras, honestas e cuidam de pokémons doentes e feridos. Elas não são totalmente idênticas, embora pareça que Brock é o único que pode diferenciá-las, além delas próprias. No entanto, cada Enfermeira Joy tem uma cruz de cor diferente em seu chapéu, que indica em qual local ela trabalha. Uma Enfermeira Joy de 45 kg apoia-se sobre uma chapa de 15 cm × 15 cm, que repousa sobre uma bolsa de água. A aceleração da gravidade é g = 10 m/s². Qual é o valor da pressão média transmitida para a bolsa de água?

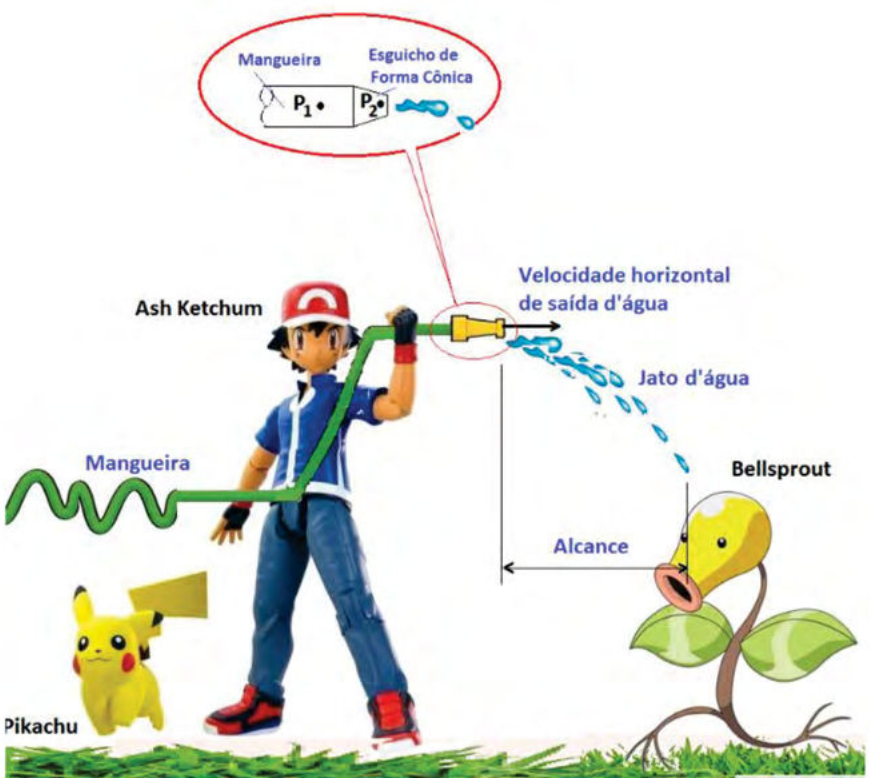


36. (Adaptado – UNICAMP) Um norte-americano, fã de Pokémon, decidiu construir na praia uma estátua de areia

do monstrinho Clefairy, em tamanho natural. Considere que o monstrinho tenha 60 cm de altura, 12,5 kg e tenha densidade próxima à do corpo humano. Adotando valores razoáveis para os dados que faltam no enunciado, estime quantos grãos de areia foram usados na escultura.

37. Um dos métodos utilizados para a irrigação de plantas é diminuir a secção transversal da mangueira por onde sai a água para que o jato de água tenha um maior alcance. A figura a seguir mostra o famoso mestre pokémon Ash Ketchum irrigando Bellsprout, um pokémon planta com raízes que lembram pernas (tipo: grama/venenoso). No detalhe, vemos a extremidade da mangueira de secção transversal uniforme e na horizontal, conectada a um esguicho de forma cônica. A mangueira está sendo alimentada por um reservatório de água com nível constante e aberto. O jato de água sai na extremidade do esguicho com velocidade horizontal. Considere que as superfícies internas da mangueira e do esguicho não ofereçam resistência ao escoamento e que a água seja um fluido ideal. Com relação ao escoamento da água nessa extremidade da

mangueira e no esguicho, julgue as afirmativas como verdadeiras (V) ou falsas (F).



( ) Se, de alguma maneira, for impedida a saída de água pelo esguicho (tampar a saída), a pressão aumentará em todos os pontos.

( ) O alcance do jato de água é maior quando se usa o esguicho, porque a menor secção transversal na saída do esguicho faz aumentar a vazão do jato de água.

( ) A pressão, no ponto P_2 (onde a secção transversal é menor), é maior que a pressão no ponto P_1 (onde a secção transversal é maior).

( ) A pressão, na saída do esguicho, é igual à pressão no nível superior do reservatório.

( ) A trajetória das partículas de água que saem do esguicho é parabólica quando se despreza a resistência do ar.

38. Ash possui duas mochilas A e B, idênticas, nas quais coloca sempre os mesmos objetos. Com o uso das mochilas, ele percebeu que a mochila A marcava o seu ombro. Curioso, verificou que a largura da alça da mochila A era menor do que a da B. Então, Ash, que é conhecedor das leis da Física, concluiu que:

a) o peso da mochila B era maior.

b) a pressão exercida pela mochila B, no seu ombro, era menor.

c) a pressão exercida pela mochila B, no seu ombro, era maior.

d) o peso da mochila A era maior.

e) as pressões exercidas pelas mochilas são iguais, mas os pesos são diferentes.

39. (Adaptado – UNICAMP)

TORNADO DESTRÓI TELHADO DE GINÁSIO POKÉMON

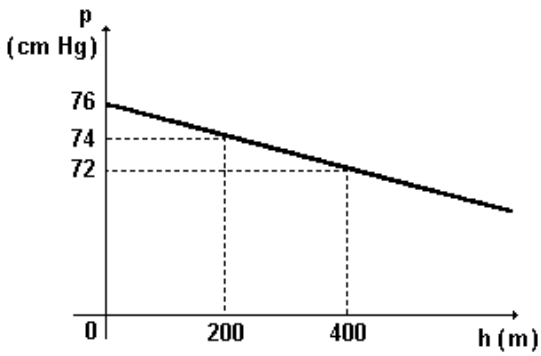
Um tornado com ventos de 180 km/h destruiu o telhado de um ginásio Pokémon. Segundo engenheiros pokémons, a estrutura destruída pesa cerca de 250 toneladas. ("Diário Pokémon", 30/09/16).

Golbat é um pokémon do tipo voador e, em um momento de fúria, pode ter provocado o tornado agitando suas poderosas asas. Uma possível explicação para o fenômeno seria considerar uma diminuição da pressão atmosférica, em razão do vento, na parte superior do telhado. Para um escoamento de ar ideal, essa redução de pressão é dada por $\mu V^2/2$, em que $\mu = 1{,}2\ kg/m^3$ é a densidade do ar e V é a velocidade do vento. Considere que o telhado do ginásio tenha 5.400 m^2 de área e que estava apenas apoiado nas paredes.

a) Calcule a variação da pressão externa em razão do vento.

b) Quantas toneladas poderiam ser levantadas pela força causada por esse vento?

40. (Adaptado – PUCCamp) O gráfico ao lado mostra a relação aproximada entre a pressão atmosférica e a altitude do lugar, comparada ao nível do mar.



Um Centro Pokémon foi construído em uma cidade a 1.000 m de altitude. Qual é a pressão atmosférica, em N/m^2, nesse centro?

41. Uma barca para transportar pokémons entre as margens de um rio, quando vazia, tem volume igual a 100 m^3 e massa igual a $4x10^4$ kg. Considere que todos os pokémons transportados sejam do tipo Graveler, um pokémon do tipo pedra. Considere também que Graveler ocupe um volume de 200 L e tenha densidade de 2,7 g/cm^3 (granito) e que todos tenham a mesma massa. Calcule o número máximo desses pokémons que podem ser simultaneamente transportados pela barca.

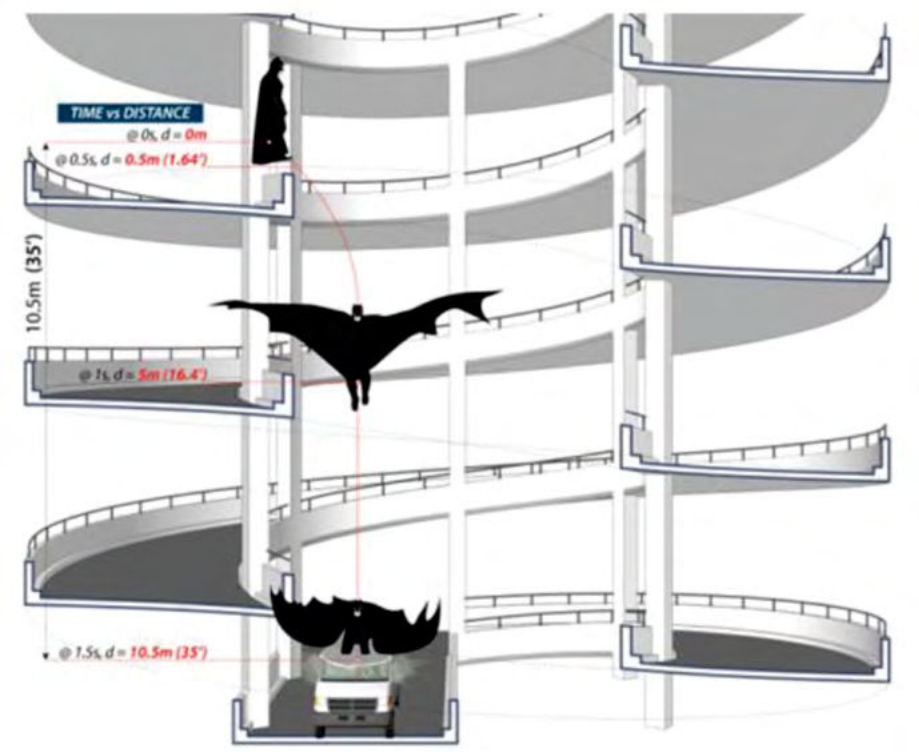
42. (Adaptado – Mackenzie) Ash precisa encontrar um bom local para desenvolver seus pokémons aquáticos. Para estimar a vazão de água em um pequeno canal de irrigação, cuja secção transversal é aproximadamente semicircular (como na figura), Ash procede do seguinte modo: faz duas marcas em uma das margens do canal, separadas por quatro passadas (cada passada vale aproximadamente um metro); coloca na água um ramo seco e observa que ele demora um minuto para ir de uma marca a outra; finalmente, verifica que a largura do canal equivale a uma passada. Com esses dados, Ash encontra o valor aproximado da vazão desse canal, um valor importante para a manutenção da saúde de seus pokémons aquáticos. Adote $\pi = 3$. Qual é o valor encontrado em L/s?

43. Batman está dirigindo seu batmóvel até o supermercado para pegar algumas "batguloseimas". O supermercado fica a apenas 1.500 m distante da batcaverna, mas, em razão do lento e intenso tráfego da região, leva 25 minutos para chegar lá. Qual é sua velocidade média?

44. A Mulher-gato está atrasada para uma consulta veterinária: tem apenas 5 minutos para chegar à clínica, que fica 2,5 km distante. O quão rápido ela deve correr (em km/h) para chegar no horário certo da consulta?

45. O Homem-Aranha usa sua teia para balançar de um ponto a outro e, assim, consegue se mover entre os prédios. Com a velocidade de 36 km/h, ele se descola entre dois prédios em um curto intervalo de tempo de 4 segundos. Qual é a distância entre esses dois prédios?

46. Batman está parado no topo de um prédio de 120 m de altura, testando um novo "batgancho" de luta. Ele arremessa o gancho com uma velocidade inicial de 40 m/s, fazendo um ângulo de 45° em relação à horizontal.



A que distância *d*, aproximadamente, a partir da base do prédio, o gancho atinge o chão?

a) 105 m.

b) 250 m.

c) 300 m.

d) 312,5 m.

e) 421 m.

47. Durante uma luta contra o crime em Gotham City, Batman salta do terceiro andar de um prédio-estacionamento para capturar um ladrão que estava em fuga. Sabendo que Batman pulou a partir do repouso e estava a 10,5 m de altura em relação ao ponto da queda, desprezando a resistência com o ar, calcule o tempo de queda e a velocidade terminal de Batman ao atingir o capô do carro do fugitivo.

48. Um dos superpoderes do Super-Homem é o sopro congelante, o qual é capaz de congelar seres e objetos. A partir do comportamento dos gases ideais, o que seria possível acontecer dentro do corpo do Super-Homem para que ele pudesse exalar o supersopro gelado. Faça uma comparação com o funcionamento de um desodorante spray.

O texto a seguir se refere às questões 49 a 51.

Os kryptonianos são uma espécie humanoide originária do planeta destruído Krypton, planeta natal do Super-Homem. Apesar de sua semelhança com os humanos, os kryptonianos não possuem poderes anormais quando em seu planeta natal. Isso se dá em razão da capacidade das células dos kryptonianos de absorver energia e se carregar com a radiação. Sob os efeitos de um sol amarelo (como o nosso Sol), a absorção e a metabolização dessa radiação resultam em habilidades sobre-humanas, como visão de raio-x,

superforça, visão de calor, invulnerabilidade, supervelocidade, supersopro, entre outras. Entretanto, os poderes incríveis não se desenvolvem sob uma estrela vermelha, que é o caso de Rao, a estrela gigante vermelha que Krypton orbita.

(Fonte:http://www.guiadosquadrinhos.com/personagem/kryptonianos/8099. Acesso: 07/09/2020)

49. As estrelas não são todas iguais, elas se diferem em massa, tamanho e composição química. Sabemos que a coloração de uma estrela está relacionada à temperatura em sua superfície. O Sol é uma estrela amarelada e tem temperatura de 6.000 K, valor intermediário comparando com outras estrelas.

A cor amarela corresponde a uma faixa de frequência no espectro eletromagnético aproximadamente entre $5x10^{14}$ Hz e $5,2x10^{14}$ Hz, e a cor vermelha corresponde a frequências entre $3,8x10^{14}$ Hz e $4,8x10^{14}$ Hz.

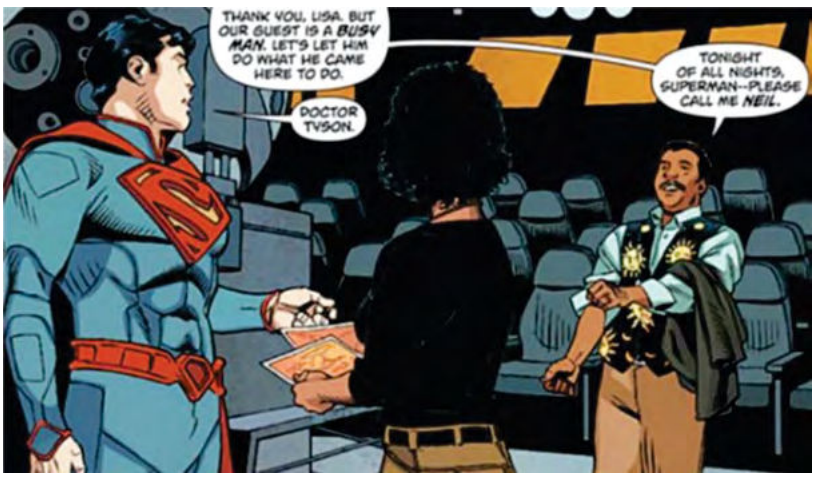
a) Qual é a faixa de comprimento de onda correspondente à luz amarela?

b) A radiação proveniente do nosso Sol é mais ou menos energética do que a radiação proveniente da estrela Rao? Justifique.

50. Em uma escala de temperatura dos kryptonianos, o ponto de congelamento da água (sob pressão de 1 atm) está em 25°Kr (°Kr = grau Kryptoniano), e o ponto de ebulição está em 156°Kr. O termômetro dos kryptonianos mostra a temperatura na Terra como sendo de 58°Kr. Qual seria essa temperatura na escala Celsius?

51. O astrofísico Neil deGrasse Tyson é diretor do *Hayden Planetarium*, do Museu Americano da História Natural, em Nova York. Depois de ter sido contatado pela DC Comics, determinou o lugar exato em que Krypton estaria localizado. O planeta está a 27,1 anos-luz da Terra, ao sul da constelação Corvus, e orbita em uma estrela anã-vermelha menor e mais fria que o nosso Sol, a LHS 2520.

(http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,ERT323284 17770,00.html)



a) Qual é a distância, em km, de Krypton até a Terra?

b) Se a espaçonave em que Kal-El, nome kryptoniano de Clark Kent, o Super-Homem, viajasse na velocidade da luz, quanto tempo demoraria a viagem até a Terra?

52. O Super-Homem surgiu em 1938 na revista Action Comics, nos Estados Unidos. Clark Kent, como é conhecido, nasceu no planeta Krypton, distante 2 mil anos-luz da Terra, com o nome de Kal-El. Ele teria sido colocado em uma nave rumo à Terra pelo seu pai quando este soube que o núcleo do planeta estava instável e prestes a explodir.

Dizer que o planeta estava a 2 mil anos-luz da Terra significa que:

a) Caso Krypton explodisse hoje, deixaríamos de ver seu brilho no céu em dois anos.

b) A luz emitida pela explosão de Krypton demoraria 2 mil anos para chegar à Terra.

c) A nave de Kal-El percorreu 2 mil km para chegar à Terra.

d) Por conseguir viajar a velocidades superiores à da luz, Clark chegou à Terra em menos de 2 mil anos.

e) O brilho de Krypton que será visto, no céu terrestre, daqui a mil anos foi emitido 2 mil anos atrás.

53. O pai do Super-Homem escolheu enviá-lo para Terra, quando pequeno, pois o Sol amarelo e a pequena gravidade lhe dariam superpoderes. Considerando que a massa de Clark Kent, já adulto, seja de 100 kg e que a gravidade de Krypton seja cerca de 15 vezes maior que a da Terra, podemos concluir que o peso do Super-Homem em Krypton seja de (g_{Terra} = 10 m/s²):

a) 1000 N b) 1500 kg c) 15000 N d) 10000 N e) 15000 kg

54. Em 1938, quando o Super-Homem surgiu, ele ainda não voava, mas era capaz de saltar a uma altura de 200 m. Sabendo que, no ponto mais alto da trajetória, sua velocidade final é zero, determine sua velocidade inicial para conseguir realizar um supersalto de 180 m. Considere g = 10 m/s²).

a) 36 m/s b) 200 m/s c) 10 m/s d) 1.800 m/s e) 60 m/s

55. De acordo com a questão anterior (velocidade inicial do Super-Homem) e sabendo que, para conseguir realizar seus supersaltos, o Super-Homem empurra o chão para baixo durante 0,25 s para conseguir o impulso necessário, pode-se determinar que a força aplicada por ele no chão seja equivalente ao peso de um objeto de:

a) 2400 kg b) 60 kg c) 24000 kg d) 1000 N e) 240 N

56. Em uma das cenas do HQ do Super-Homem, no início de sua criação, ele salva uma pessoa correndo pelos fios de alta tensão. Sobre a cena, pode-se afirmar que:

(Action Comics, 1938)

a) É possível, visto que eles estão no mesmo potencial do fio, não havendo diferença de potencial.

b) É impossível, pois, ao entrar em contato com o fio, a corrente logo passaria por seu corpo, eletrocutando-o.

c) É impossível, pois a resistência no corpo humano é praticamente nula.

d) É possível, pois a corrente que circula em fios de alta tensão é muito baixa.

57. O super-herói Ajax, criado pela DC Comics em 1955, tem o poder de visão de raios X e pode ver através de objetos e até de paredes. Fisicamente falando, seria possível ser beneficiado com esse tipo de visão?

a) Sim, pois é o mesmo princípio de funcionamento dos aparelhos de raios X.

b) Não, pois são ondas eletromagnéticas de baixa energia e não são capazes de penetrar em corpos.

c) Não, pois só conseguimos ver o interior dos corpos, pelos raios X, quando utilizamos placas fotográficas para isso.

d) Sim, pois são raios que, além de penetrantes, são benéficos à saúde humana.

58. (Adaptado – UNESP) Flash, personagem criado pela DC Comics em 1940, era capaz de alcançar velocidades próximas à do som. Sabendo que a velocidade do som no ar é de 340 m/s e que, para chegar a essa velocidade, é necessária uma quantidade altíssima de energia, determine quantas porções, da tabela a seguir, Flash precisaria ingerir para suprir essa necessidade (m_{Flash}=60 kg).

Alimento	Energia por porção (KJ)
Castanha de caju	2400
Chocolate	2160
Batata frita	1000
Pizza de muçarela	960
Espaguete	360

a) 10 porções de espaguete.

b) 3 porções de pizza de muçarela.

c) 1 porção de chocolate.

d) 3 porções de batata frita.

e) 1 porção de castanha de caju.

59. Quando vai parar, o Flash precisa deslizar por um tempo para que toda sua energia seja dissipada pelo atrito, reduzindo sua velocidade e permitindo que interrompa o movimento. Considere que o atrito converta toda a energia que Flash possui durante seu movimento, a 340 m/s, em calor e que sua massa seja de 100 kg. Determine a quantidade aproximada de água que poderia ter sua temperatura elevada em 20°C, caso utilizássemos toda a energia dissipada pelo atrito para essa finalidade. (Dados: $c_{água}$ = 1 cal/g.°C; 1 cal = 4,2 J; $d_{água}$ = 1 kg/l).

a) 41 g
b) 41 l
c) 826 kg
d) 82,6 l
e) 173 l

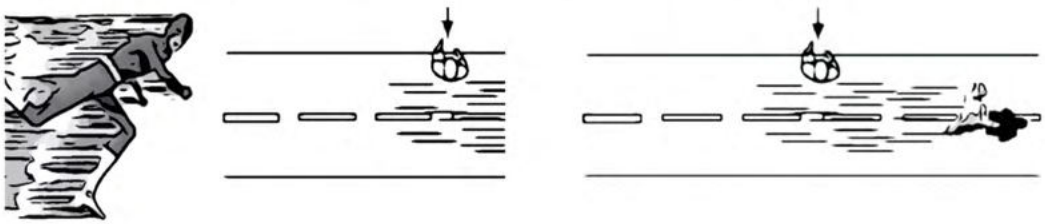
60. Em um dos quadrinhos clássicos do Flash, ele consegue se mover rapidamente ao se deparar com uma bala disparada, fazendo-a parar no ar sem causar nenhum dano ao herói. Ele consegue apanhar o projétil, pois:
a) Ele foi disparado em direção ao Flash, freado pelo ar e parou justamente na frente do nosso herói.
b) O Flash se movia no mesmo sentido que o dele, com velocidade visivelmente inferior.
c) Ele foi disparado para cima com velocidade constante no momento em que Flash pulou de um prédio para outro.

d) O Flash se movia no sentido oposto ao dele, com velocidade de mesmo valor.

e) O Flash se movia no mesmo sentido que a bala, com velocidade de mesmo valor.

61. Em alta velocidade, o Flash tem a capacidade de "arrastar" pessoas próximas, as quais acabam sendo jogadas em sua direção, ao passar por elas. Isso pode ser explicado fisicamente porque:

Flash corre arrastando pessoas com ele



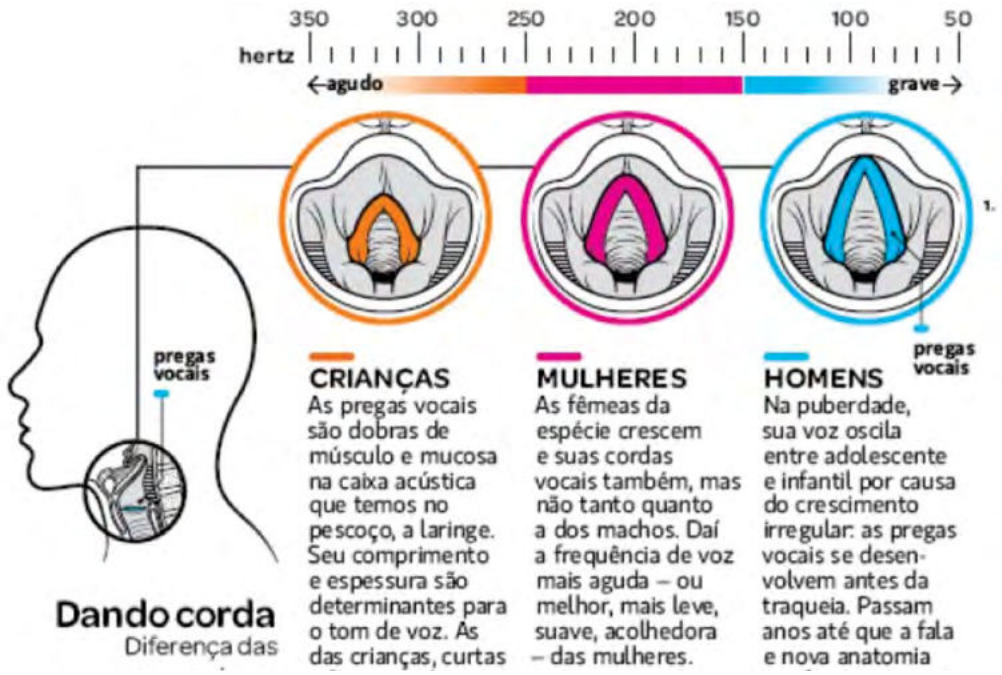
a) Ao passar em alta velocidade, ele cria um vácuo parcial atrás de si, que acaba sugando as pessoas em sua direção.

b) Ao passar em alta velocidade, ele empurra o ar à sua frente, o qual, em razão do forte movimento, retorna empurrando as pessoas em sua direção.

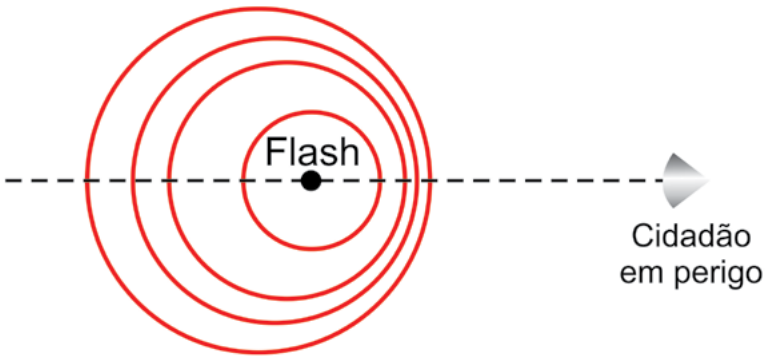
c) Ao passar em alta velocidade, a pressão do ar "arrastado" por ele diminui, e o ar em volta, por estar com maior pressão, empurra as pessoas nesse sentido.

d) A massa de ar deslocada com a sua passagem desequilibra as pessoas em volta, que acabam caindo em sua direção.

62. A voz humana emite frequências que variam, aproximadamente, entre 100 Hz e 400 Hz. Essa diferença entre as frequências emitidas por homens e mulheres caracteriza vozes mais graves e mais agudas.



Considere que, em determinada cena do filme "The Flash", o Flash esteja correndo com o dobro da velocidade do som no ar (v_{som} = 340 m/s), indo ao encontro de um cidadão que lhe pede ajuda. Sabendo que o cidadão emite sons com frequência de 200 Hz, determine a que frequência os pedidos de socorro são ouvidos pelo Flash.



Esquematização do Efeito Doppler (Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, 2004).

a) Os pedidos de socorro são ouvidos de modo mais grave, com frequências de 340 Hz.

b) Os pedidos de socorro são ouvidos de modo mais agudo, com frequências de 600 Hz.

c) Os pedidos de socorro não podem ser ouvidos por Flash, pois são emitidos em frequências superiores ao limite da audição.

d) Os pedidos de socorro são ouvidos de modo mais agudo, com frequências de 200 Hz.

e) Os pedidos de socorro são ouvidos de modo mais grave, com frequências de 67 Hz.

63. É muito comum tomarmos pequenos choques quando tocamos a lataria de um carro, após o veículo se locomover por certa distância, em

razão da eletricidade estática. Caminhões tanque, de combustível, também se eletrizam durante as viagens e precisam, antes de descarregar o combustível, esperar um tempo até que as cargas adquiridas sejam eliminadas e não haja o risco de explosão. Quando se move em altíssimas velocidades, o super-herói Flash também acaba se eletrizando. Em uma das cenas apresentadas em seus quadrinhos, após realizar mais um salvamento, ele é cumprimentado por um cidadão, que, ao tocar em suas costas, sente uma descarga elétrica. Supondo que o Flash tenha se eletrizado com cargas positivas, marque a alternativa mais correta fisicamente.

a) Flash se eletrizou por contato com o ar e, ao ser tocado, transferiu prótons ao cidadão, que tomou um choque.

b) A eletrização ocorreu quando tocou o cidadão, que serviu como fio terra fornecendo elétrons ao Flash.

c) Flash se eletrizou por atrito com o ar e, ao ser tocado, recebeu elétrons do cidadão, que tomou um choque.

d) Essa cena é impossível de ocorrer, pois, para se eletrizar, é necessário que ele esteja conectado a alguma fonte de energia.

64. Capitão América é um personagem criado pela Marvel em 1941. Ele foi resultado de um experimento para criação de super-humanos, feito com o pequeno Steve Rogers, no ano de 1920. Rogers é o primeiro dos

Vingadores e possui um escudo muito poderoso. Seu escudo produz colisões perfeitamente elásticas e é feito de um dos materiais mais fortes do mundo, o Vibranium. Segundo os quadrinhos, esse material é capaz de absorver a energia dos impactos, armazenando-a e devolvendo-a em sentido oposto.

Em um de seus confrontos, 10 inimigos estão atirando em sua direção com um Fuzil AK47, capaz de disparar 600 tiros por minuto, enquanto o Capitão se protege com o seu escudo. Sabendo que a munição tem massa de 10 g e que as balas o atingem a 1080 km/h, determine a que altura o Capitão América, de massa 100 kg, conseguiria saltar caso seu escudo acumulasse toda a energia das balas disparadas durante 30 s.

a) 1.350.000 m
b) 4,5 m
c) 1,75 km
d) 450 m
e) 1,35 km

65. Os X-Men são uma equipe de super-heróis criados pela Marvel em 1963. Esse grupo de mutantes, que são pessoas que nasceram com super-habilidades, enfrentam vários inimigos na tentativa de manter a paz entre humanos e mutantes. Entre seus maiores adversários, destaca-se o Magneto, que é um mutante com habilidades magnéticas, capaz de atrair e manipular metais. Na imagem, vemos Magneto levantando uma ponte com seus poderes, no filme X-Men: O confronto final (2006).

Sabendo que os metais são divididos em três grupos (ferromagnéticos, diamagnéticos e paramagnéticos), podemos concluir que:

a) Magneto é capaz de atrair apenas metais ferromagnéticos, como o ferro e o cobre.

b) Corpos que possuam aço em sua constituição certamente não são atraídos por Magneto.

c) Materiais como cobre e prata são diamagnéticos e se repelem na presença de um campo magnético.

d) Materiais paramagnéticos, como o alumínio e o níquel, não são atraídos por campos magnéticos.

e) Magneto realmente seria capaz de atrair a ponte do filme, visto que ela é feita de metal.

66. Nos filmes dos X-Men, o mutante Magneto é capaz de manipular metais com seu poder, já que ele consegue criar campos magnéticos. Em vários filmes, Magneto aparece manipulando armas, parando projéteis e até mísseis disparados contra ele. Em outro filme, quando preso, os responsáveis pela cadeia passam a ter muito cuidado para que Magneto não entre em contato com metais. Inclusive, toda a sela, além das armas e de tudo mais que entrar em contato com ele, é feita de plástico, acrílico ou outros materiais que não possuam metais em sua composição.

X-Men: Fênix Negra

X-Men: Primeira Classe

Considerando que nem todos os metais são ferromagnéticos, ou seja, podem ser atraídos por campos magnéticos, e que armas e munições são constituídas, muitas vezes, de chumbo, tungstênio, alumínio e outros metais, podemos afirmar que:

a) O filme acerta nessas cenas, pois, dependendo da intensidade do campo magnético criado, ele será capaz de atrair todos os tipos de metal.

b) O filme acerta em algumas cenas, mas, se as balas fossem feitas de chumbo, um metal diamagnético, não poderiam ser manipuladas pela presença de um campo magnético.

c) O filme erra na cena em que Magneto aparece preso, pois os guardas poderiam usar armas de metais paramagnéticos sem problema e a água presente nos corpos, por ser diamagnética, também poderia ser manipulada por Magneto.
d) O filme erra, pois os mísseis, por serem feitos de aço, jamais poderiam ser parados por um campo magnético.
e) O filme acerta em todas as cenas citadas, pois todos os metais apresentados são ferromagnéticos.

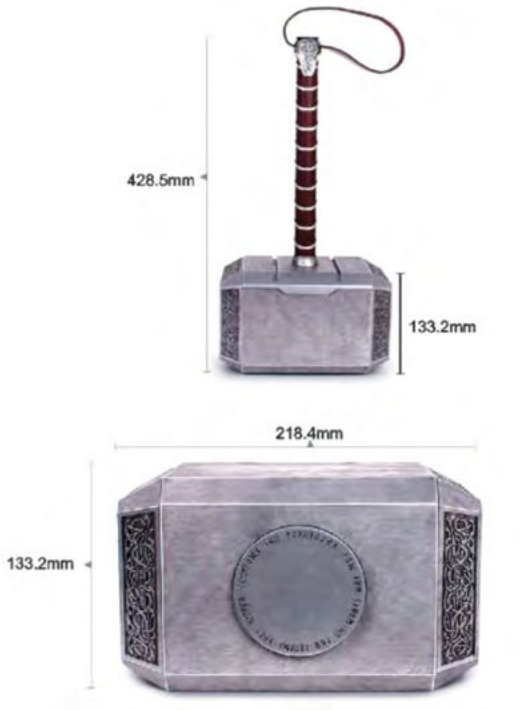
67. Thor, o deus da mitologia nórdica, é um dos integrantes dos Vingadores. Ele possui o poderoso martelo Mjölnir, que é usado como um condutor de seus poderes, capaz de gerar grandes descargas elétricas e sempre retorna à sua mão, independentemente da distância, além de transportar o vingador, quando balançado, em razão de sua grande inércia.

De acordo com os quadrinhos, o martelo foi forjado a partir do núcleo de uma estrela, provavelmente anã ou de nêutrons. A densidade desses corpos celestes é gigantesca, da ordem de 10^{17} kg/m^3. Considerando que o martelo de Thor seja em formato de paralelepípedo, conforme a imagem, determine o valor aproximado da massa da cabeça do martelo.

a) 4.10^{23} kg
b) $7{,}6.10^{14}$ kg
c) $3{,}26.10^{14}$ kg

d) $5{,}7.10^{15}$ kg

e) $3{,}9.10^{14}$ kg



68. No primeiro filme de Thor, lançado em 2011, após desobedecer às ordens de seu pai Odin, o futuro vingador perde seus poderes e é banido para a Terra. Junto dele, é lançado para a Terra o seu martelo Mjölnir. No filme, o martelo atinge a Terra e abre uma grande cratera de aproximadamente 50 m.

Os meteoritos, ao entrarem na atmosfera terrestre, têm sua velocidade reduzida pelo atrito com o ar e chegam ao solo com velocidades entre 11 km/s e 0,7 km/s, dependendo de sua massa. Sabendo que uma explosão no nível do solo produz uma cratera com diâmetro proporcional à raiz cúbica da energia da explosão e que uma explosão de 1 megaton de TNT deixa uma cratera de 1 km de diâmetro, determine qual deveria ser o tamanho da cratera aberta pelo martelo de

Thor, que atinge a Terra com uma velocidade de 1 km/s. Considere 1 megaton equivalente a $4{,}0 \times 10^{15}$ J e utilize a massa do martelo encontrada na questão anterior.

69. Aquaman é um dos heróis da DC Comics e foi lançado no ano de 1941, nos EUA. Ele é herdeiro do trono de Atlântida e, no filme, enfrenta várias batalhas para impedir uma guerra contra a superfície da Terra. Entre os vários poderes adquiridos por Arthur Curry, ele aprendeu a respirar debaixo d'água e a extrair energia dela para aumentar sua força e sua velocidade. Mesmo podendo respirar debaixo d'água, ele precisaria retornar à superfície de tempos em tempos para poder respirar.

Não temos a posição exata de Atlântida, nem a que profundidade ela estaria da superfície, mas: "Em 2000, Paul Weinzweig e Pauline Zalitzki descobriram ruínas submersas de uma antiga cidade na costa de Cuba, na região do Triângulo das Bermudas. No passado distante, a região era terra seca e conectada com a Península do Yucatan, no México, mas agora só a ilha de Cuba permanece acima da linha d'água. A antiga cidade está a 600 metros abaixo do oceano e tem 80 estruturas feitas de pedras, colocadas uma sobre as outras.".

Fonte: (http://www.assombrado.com.br/2014/09/atlantida-um-dos-maiores-misterios-do.html)

Se considerarmos que a Atlântida do filme do Aquaman esteja na mesma profundidade dessa antiga cidade encontrada próxima à Cuba, nosso herói estaria submetido a uma pressão gigantesca exercida pela coluna de água acima dele, capaz de esmagar seu corpo. Sabendo que a densidade da água é de 10^3 kg/m³ e que a pressão atmosférica é de 10^5 Pa, determine a que pressão esteve submetido o Aquaman quando foi visitar sua cidade natal.

a) 61 atm
b) 600 atm
c) 6.10^5 Pa
d) 70.10^5 Pa
e) 70 atm

70. Em vários desenhos e filmes, aparecem personagens ou heróis com a capacidade de liberar descargas elétricas. Nos X-men, a Tempestade é uma mutante classe 5 e a única a conseguir realizar esses feitos. Para conseguir realizar uma descarga elétrica, é necessário quebrar o que chamamos de rigidez dielétrica do ar, que ocorre quando o ar deixa de ser um isolante e passa a permitir a passagem da corrente elétrica. No entanto, para que isso ocorra, é necessário um campo elétrico de 3.10^6 V/m. Isso significa que, para atingir um inimigo a 5 m de distância, seria necessária uma tensão de 15 milhões de Volts. Considerando que já

foram registrados raios com corrente de 2.10^5 A e que uma descarga elétrica dura em média $1{,}2.10^{-3}$ s, determine:
(Dados: 1,0 cal = 4,2 J; calor específico da água = 1,0 cal/g ºC; 1 kWh = $3{,}6.10^6$ J; $d_{água}$ = 1 kg/l).

a) A potência dissipada por essa descarga elétrica.
b) A carga elétrica presente na descarga.
c) O custo da energia desse raio, sabendo que 1 kWh custa R$ 0,60.
d) O número *n* de casas que podem ser abastecidas durante um mês com a energia do raio, sabendo que o consumo mensal de energia elétrica, em cada casa, é $2{,}0.10^2$ kWh.
e) Suponha que 30% da energia do raio seja utilizada para se elevar, em 10ºC, a temperatura da água contida em um reservatório que abastece as *n* casas. Na hipótese de não haver perda de energia para o meio exterior e de a capacidade térmica do reservatório ser desprezível, calcule a massa de água nesse reservatório ($Q = m.c.\Delta T$).

71. Em vários desenhos e filmes, aparecem personagens ou heróis com a capacidade de liberar descargas elétricas. Na vida real, animais como o peixe elétrico são capazes de produzir descargas poderosíssimas. Para tal feito, esses animais possuem eletrócitos em seu corpo, capazes de armazenar cargas. Quanto maior a tensão que os peixes conseguem alcançar, maior a quantidade de eletrócitos em seu corpo. Em algumas espécies, os órgãos elétricos podem variar de 200 a 160 mil

eletrócitos (nos casos mais extremos, chegando a representar 25% do seu peso).

No anime Pokémon, temos o protagonista Pikachu como um dos mais fortes pokémons, capaz de liberar descargas elétricas altíssimas e, assim, vencer seus oponentes. O peixe Poraquê, que possui 2,5 metros de comprimento e 20 kg de massa, é capaz de produzir uma tensão de 800 V.

Qual precisaria ser o comprimento do Pikachu, tomando como base o peixe mencionado anteriormente, para caber uma quantidade suficiente de eletrócitos para gerar, pelo menos, 15 milhões de volts e acertar um inimigo a 5 metros de distância?

O texto a seguir se refere às questões 72 a 74

Em uma das cenas do primeiro filme do "Quarteto Fantástico", de 2015, o Tocha Humana está testando seus poderes para ver a que temperatura consegue chegar. Quando atinge a temperatura de 4000 K, ele é interrompido pelos seus amigos para segurança deles. Logo após a interrupção, vemos a caixa em que ele fazia seus experimentos parcialmente derretida.

Considerando que a caixa, constituída de ferro, possua massa de 1 tonelada, que metade de sua massa tenha derretido após o aquecimento e que a temperatura ambiente era de 20°C no momento do experimento, responda:

72. Qual é a quantidade de calor fornecido pelo Tocha ao metal para que o ferro derreta e permaneça em sua temperatura de fusão?
(Dados: $T_{fusão\ do}$ ferro = 1520°C; L_{ferro} = 64 cal/g; c_{ferro} = 0,11 cal/g.°C)

a) $1{,}65.10^8$ cal

b) $1{,}92.10^8$ cal

c) $3{,}2.10^7$ cal

d) $4{,}2.10^8$ J

e) 5.10^6 J

73. Qual é a potência do nosso herói, sabendo que, de acordo com o filme, esse processo de aquecimento durou em torno de 25 s e que 1 cal = 4,2 J?

a) $8{,}0.10^8$ W
b) $7{,}68.10^6$ W
c) $3{,}23.10^7$ W
d) $7{,}0.10^8$ W
e) $2{,}37.10^6$ W

74. As usinas termoelétricas funcionam a partir da queima de algum combustível. Essa energia é utilizada para aquecer a água, que, quando sofre ebulição, utiliza energia para girar turbinas e produzir energia elétrica. Sabendo que a potência média do Tocha é de 3.10^7 W, se o colocássemos para aquecer a água de uma dessas caldeiras, considerando que nessa operação ele teria um rendimento de 40%, ou seja, de toda potência fornecida, apenas 40% fosse utilizada para produzir energia elétrica, determine o número de casas, que consomem em média 200 kWh por mês, que seria possível abastecer com a energia produzida por ele durante 10 minutos.

a) 5 casas
b) 3 casas
c) 20 casas
d) 8 casas
e) 10 casas

75. Um dos principais heróis dos filmes dos Vingadores é o milionário Tony Stark, que, quando veste sua armadura, transforma-se no Homem de Ferro. Ao longo dos filmes, sua armadura passou por muitas evoluções e atualizações. Além das várias armas presentes, ela recebeu uma fina camada de células solares, que lhe permitiram se carregar quando exposta ao Sol. Tony possui 1,83 m de altura e 85 kg (150 kg com armadura), ou seja, sua área corporal superficial é aproximadamente de 2 m².

Se considerarmos que as células tenham 50% de eficácia no armazenamento da energia solar e que a potência da radiação solar no local seja de aproximadamente 200 W/m², determine quanto tempo, aproximadamente, ele precisaria ficar exposto ao Sol para se recarregar após fazer uma viagem entre Long Island e Manhattan, aproximadamente 80 km de distância, durante 15 minutos. Despreze a resistência do ar.

a) 3 h.

b) 4 h 35 min.

c) 1 h 41 min.

d) 2 h 10 min.

e) 50 min.

76. No anime Cavaleiros do Zodíaco, as 88 constelações vistas da Terra viram armaduras que protegem 88 cavaleiros. Esses cavaleiros, que defendem a deusa Atena, dividem-se em 3 classes: ouro, prata e bronze. Em uma das passagens do anime, o Cavaleiro de Ouro de Leão conversa com o Cavaleiro de Bronze de Pégaso e lhe explica a diferença entre as três classes de cavaleiros. Ele explica que o Cavaleiro de Bronze pode atingir a velocidade do som em seus golpes; os de Prata conseguem atingir de duas a cinco vezes a velocidade do som; e os Cavaleiros de Ouro podem atingir a velocidade da luz com seus golpes.

Se considerarmos que o raio da Terra é de 6378 km e que a velocidade da luz é de 3.10^8 m/s, determine o número de voltas que seria possível um cavaleiro de ouro dar em torno da Terra em 1 s.

a) 7,5 b) 3 c) 1,5 d) 10 e) 4,7

77. No anime Cavaleiros do Zodíaco, os Cavaleiros de Bronze conseguem se mover e aplicar golpes na velocidade do som. Um boxeador consegue aplicar socos na velocidade de 36 km/h, gerando uma força de impacto de aproximadamente 3000 N, quando consideramos massa do antebraço mais punho de 1,5 kg e duração do golpe de aproximadamente 5 ms.

Considerando que o tempo de duração seja de 5 ms e a massa do braço de 1,5 kg, a força média aplicada por um Cavaleiro de Bronze, como Seya, que desfere seus golpes na velocidade do som (340 m/s), é equivalente a tentar erguer do solo um objeto de aproximadamente?

a) 10 kg

b) 2550 kg

c) 1333 kg

d) 100000 kg

e) 10200 kg

78. Nos Cavaleiros do Zodíaco, os Cavaleiros de Prata conseguem atingir velocidades até cinco vezes superior à velocidade do som, chamada de Mach 5. Entre os 24 Cavaleiros de Prata, Orfeu de Lira é um dos mais fortes e consegue atingir a velocidade Mach 5 com seus golpes. Um dos explosivos mais utilizados mundialmente é o TNT, que é capaz de liberar 4184 J de energia com apenas 1 g. No final da década de 80, o Comitê de Transporte e Estocagem de Explosivos do Reino Unido iniciou um programa experimental para pesquisar as explosões de TNT e seus efeitos. Em 2000, realizou-se a explosão de 40 toneladas de TNT e foram registrados destruições e danos a edificações dentro de um raio de 1.500 metros do epicentro da explosão.

Um chute desferido pelo cavaleiro Orfeu de Lira, considerando a massa de sua perna de 12 kg, seria capaz de criar uma onda de explosão com energia suficiente para atingir uma distância de aproximadamente?

a) 0,02 m

b) 16 cm

c) 280 m

d) 51 m

e) 3 km

79. Nos filmes da Marvel, o Capitão América possui um escudo feito de Vibranium, material super-resistente, que produz colisões elásticas e é capaz de armazenar a energia dos golpes desferidos contra ele. A "Entertainment Earth" vendeu réplicas dos escudos do Capitão que tinham 61 cm de diâmetro e 8 kg de massa. Suponha que nosso herói esteja em cima de patins e decida lançar para frente seu escudo. Sabendo que a massa do Capitão é de 80 kg, determine a velocidade com que ele deve recuar após executar o lançamento do escudo a 108 km/h.

a) 3 m/s

b) 10 m/s

c) 5 m/s

d) 20 m/s

e) 30 m/s

80. No filme "Vida de Inseto", uma das formigas, nosso heroico Flik, é um inventor que procura sempre novas invenções para ajudar sua colônia. Porém, em uma de suas invenções (uma luneta), vemos a seguinte imagem aparecendo no filme:

Cena do filme "Vida de Inseto"

Segundo Flik, com essa invenção, a princesa seria capaz de acompanhar todas as formigas trabalhando de longe.

Considerando as imagens, responda: essa invenção seria capaz de servir a seus propósitos? Qual é o tipo de lente utilizada?

a) Sim, pois, para essa lente, a imagem será sempre maior e direita. Lente convergente.

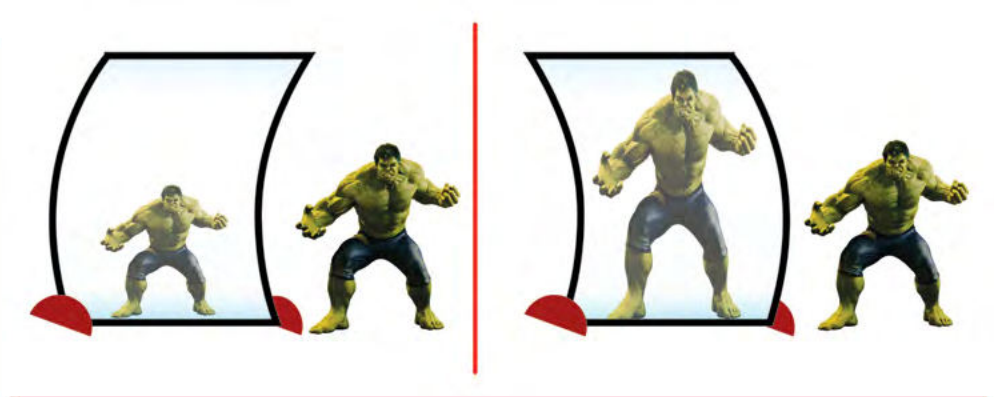
b) Não, pois, para distâncias grandes, teríamos uma imagem menor e invertida. Lente convergente.

c) Sim, pois, para construir uma luneta, só é necessária uma lente. Lente divergente.

d) Não, pois a imagem formada por essa lente não corresponde ao mostrado no desenho. Lente divergente.

e) Sim, pois a imagem formada por essa lente é sempre a mostrada no desenho. Lente convergente.

81. O Incrível Hulk acabou entrando, por engano, em uma casa de espelhos e se deparou com a seguinte cena.



É claro que ele ficou muito nervoso e acabou quebrando todos os espelhos (não se preocupe, isso não dá azar, só custa caro!).

Analisando essa imagem, chegamos à conclusão de que o primeiro espelho é _____, o segundo é _____ e que as imagens apresentadas estão _____.

a) Côncavo, convexo e corretas.

b) Convexo, côncavo e corretas, dependendo da posição do Hulk.

c) Convexo, côncavo e trocadas.

d) Convergente, divergente e incorretas.

e) Divergente, convergente e corretas.

82. Quando o Capitão América lança seu escudo de massa de 8 kg, ele alcança a velocidade de 360 km/h em 20 s. Qual deve ser o trabalho desenvolvido pelo nosso herói, durante o lançamento, para alcançar um vilão que está a 550 metros de seu alcance? Despreze a resistência do ar.

83. Quantas calorias, aproximadamente, o Capitão América teria que ingerir para conseguir realizar o feito da questão anterior, sabendo que nosso corpo tem um rendimento de aproximadamente 25%. Considere 1 cal = 4,2 J.

a) 5.238 cal
b) 88.000 cal
c) 1.309 cal
d) 21.000 cal
e) 5.500 cal

84. No primeiro filme dos Vingadores (2012), o Gavião Arqueiro pula de um prédio para se salvar e atira uma de suas flechas amarradas em um cabo. Quando o cabo é esticado por inteiro, ele consegue adentrar o prédio através de uma janela e se contorce de dor quando toca o solo.

Gavião Arqueiro lançando sua flecha enquanto cai do prédio

A cena de queda do Arqueiro dura em média 1,5 segundos. Sabendo que ele partiu do repouso, determine:

a) A altura percorrida pelo herói durante a queda.
b) A velocidade com que ele termina o movimento de descida.
c) A força a qual ele fica submetido, considerando que, quando a corda estica por completo, o impacto sobre o seu corpo dura apenas 0,5 s e que sua massa é de 80 kg.

85. No primeiro filme dos Vingadores (2012), para salvar a ilha de Manhattan de um míssil nuclear, o Homem de Ferro resolve desviá-lo para dentro do portal de onde estão saindo os inimigos. Após conseguir isso, ele desmaia e cai em queda livre por um longo período. Com a intenção de salvá-lo da queda, Hulk parte ao seu encontro.

Hulk com o homem de ferro nos braços enquanto se segura em um prédio.

Para realizar tal feito, Hulk acompanha seu movimento de queda e ainda rola com ele quando tocam o chão. Segundo as leis da Física, o feito seria:

a) Fisicamente impossível, visto que, por ter muita força, Hulk acabaria esmagando o Homem de Ferro.

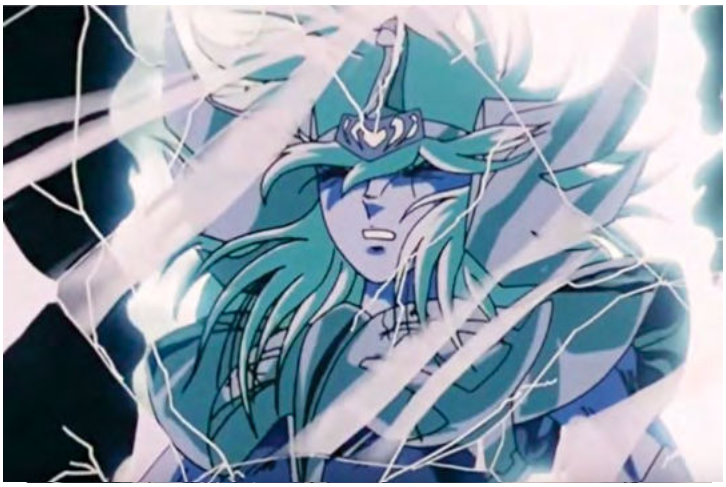
b) Fisicamente possível, já que, por ter muita força, Hulk conseguiria segurar Tony Stark com facilidade.

c) Fisicamente possível, visto que, quanto maior o tempo para finalizar o movimento, menor a força aplicada sobre o corpo.

d) Fisicamente impossível, já que, quanto mais tempo para finalizar um movimento, maior a força aplicada sobre o corpo.

86. Em Cavaleiros do Zodíaco, poucos são os cavaleiros capazes de retirar calor dos corpos, e Hyoga de Cisne é um deles. Em uma batalha

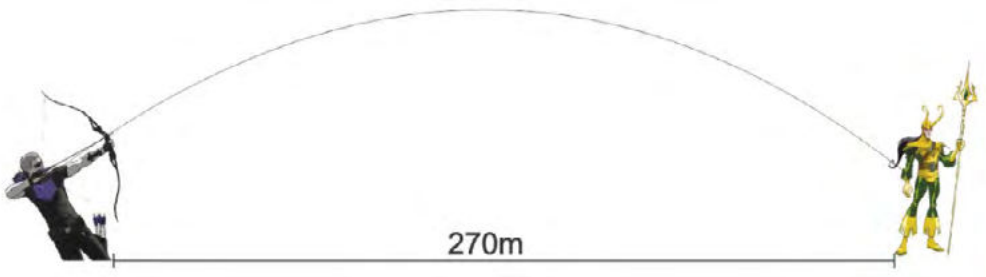
contra o Cavaleiro Camus de Aquário, ele recebe um de seus mais fortes golpes, chamado Execução Aurora. Segundo o anime, essa técnica é capaz de chegar a temperaturas próximas ao zero absoluto. Durante a cena de luta, o Cavaleiro de Aquário afirma que, entre os cavaleiros que controlam o gelo, o que chegasse mais próximo do zero absoluto venceria a batalha. Cisne desmaia e é preso em um esquife de gelo, de onde ninguém conseguiria sair. Nas cenas seguintes, Hyoga quebra o esquife de gelo quando consegue baixar a temperatura do ar a –273ºC.



Fisicamente falando, essa cena:

a) Seria possível, já que ele está adaptado a baixíssimas temperaturas.
b) Seria impossível, visto que a –273ºC um corpo não teria mais energia e, por isso, estaria morto.
c) Seria impossível, pois a esquife de gelo já estaria na temperatura mais baixa.
d) Seria possível, pois essa temperatura pode ser alcançada em laboratório.

87. O Gavião Arqueiro é o Vingador que possui a melhor mira, nunca erra um tiro. Embora ele não tenha superpoderes, possui super-habilidades, o que lhe permite atingir alvos a longas distâncias.



No filme "Os Vingadores", lançado em 2012, durante a batalha que ocorre em Nova York, O Gavião Arqueiro atira uma flecha em direção ao vilão Loki, que, naquele momento, tenta invadir a Terra. Sabendo que a flecha foi disparada com um ângulo de 15º em relação ao plano horizontal e que demorou 1,5 s para atingir o alvo, determine:
(Dados: g = 10 m/s²; Sen15º = 0,26; Cos15º = 0,97)

a) A velocidade com que a flecha foi disparada.
b) O tempo necessário para atingir a altura máxima.
c) A altura máxima atingida pela flecha.
d) A velocidade com que a flecha atinge o vilão.

88. No anime "Cavaleiros do Zodíaco", o Cavaleiro de Ouro Milo de Escorpião possui um golpe mortal chamado Agulha Escarlate, em que sua unha do indicador cresce e ele a aplica, como uma agulha, no adversário. A unha do indicador possui uma espessura média de 0,5 mm e uma largura de 1,2 cm, porém, quando sua unha cresce, a largura cai

para aproximadamente ¼ de sua largura inicial. Supondo que, ao lançar seu golpe, Milo esteja se movendo a 1.000 m/s, que tenha demorado apenas 10 s para atingir essa velocidade e que a massa de sua mão seja de 600 g, determine a pressão exercida por sua unha no adversário.

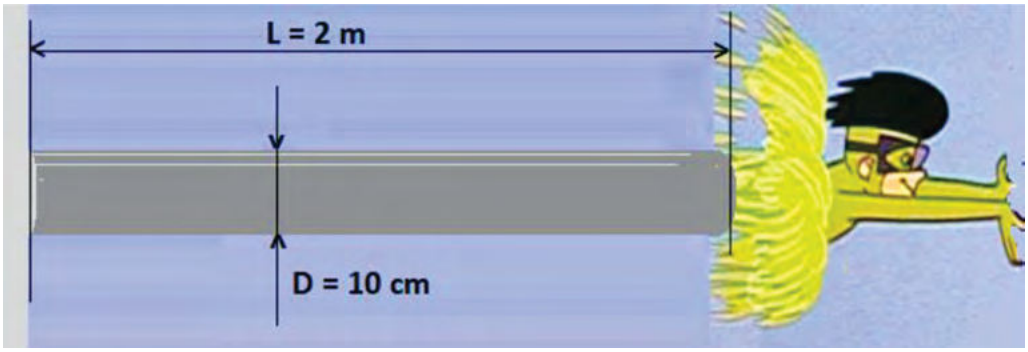
O texto a seguir se refere às questões 89, 90 e 91.

The Impossibles foi uma série de desenho animado produzida pelos estúdios Hanna-Barbera em 1966, que narrava as aventuras de uma banda de rock (com base em The Beatles), formada por três rapazes que estavam sempre fazendo shows pelo mundo, e que combatia o crime nas horas vagas. Impossíveis era tanto o nome da banda quanto o nome do grupo de heróis. O seu palco móvel se transformava em um carro voador, o "Impossicar", e, então, combatiam o crime após gritar a famosa frase: "Vamos nós!" ("*Hally Ho!*")

Fonte: Wikipédia (s/d).

89. Homem-Fluido era líder do trio *The Impossibles*. Podia se transformar em líquido e usava uma máscara de mergulho completamente inútil. Ele tinha como bordão o grito: "Vamos nós – Oho!". Considere que o

Homem-Fluido tenha 70 kg, seja feito basicamente de água (d = 1.000 kg/m³) e que possa se escoar com uma vazão máxima de 5 L/s.

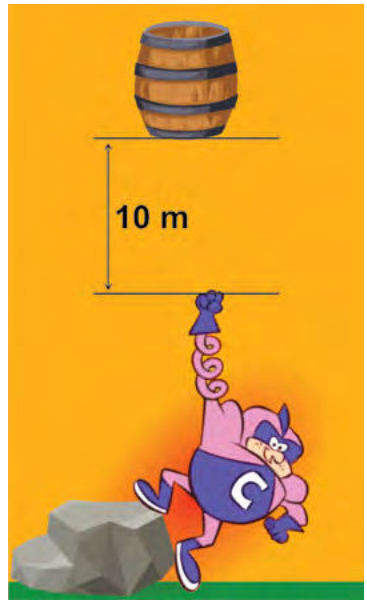


Em certa situação, o supervilão "Esmurrador Azarado" aprisionou Fluido em uma cisterna. Utilizando-se de seus conhecimentos de Mecânica dos Fluidos, ele conseguiu aumentar a pressão sobre uma válvula que se rompeu, dando acesso a um cano de diâmetro D = 10 cm e comprimento L = 2 m. Sabendo que 1 m³ = 1.000 L e aproximando $\pi = 3$, calcule:

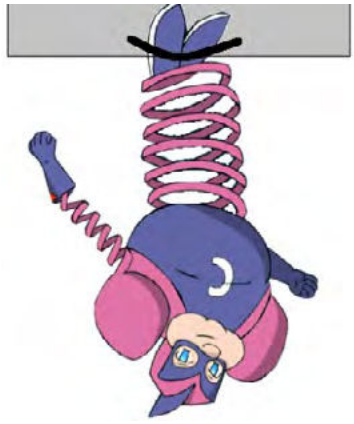
a) A velocidade com que ele se deslocou no cano, sabendo que utilizou sua vazão máxima.

b) O tempo necessário para sua mão (primeira parte do seu corpo) sair do outro lado do cano.

90. Coil, o Homem-Mola, era capaz de transformar os braços e as pernas em molas. Em certa ocasião, a famosa vilã Madrasta Indócil aprisionou o Homem-Fluido, de 70 kg, em um barril de massa 130 kg. Em seguida, deixou-o cair, a partir do repouso, de um penhasco de 10 m de altura. Ela só não imaginava que Coil, o Homem-Mola, estaria logo abaixo para salvar seu amigo. Sabendo que a compressão máxima causada sobre o braço do herói foi igual a 1 m, calcule a constante elástica do braço de Coil. Despreze perdas de energia por atrito.



91. Coil, o Homem-Mola, integrante do trio "Os Impossíveis", preso pelos pés de cabeça para baixo, oscila verticalmente em um movimento harmônico simples. Nos pontos em que ocorre a inversão no sentido do movimento:



a) a velocidade e a aceleração são nulas.

b) a velocidade e a energia potencial são nulas.

c) o módulo da aceleração e a energia potencial são máximos.

d) a energia potencial é mínima e a energia cinética é máxima.

e) a velocidade, em módulo, e a energia potencial são máximas.

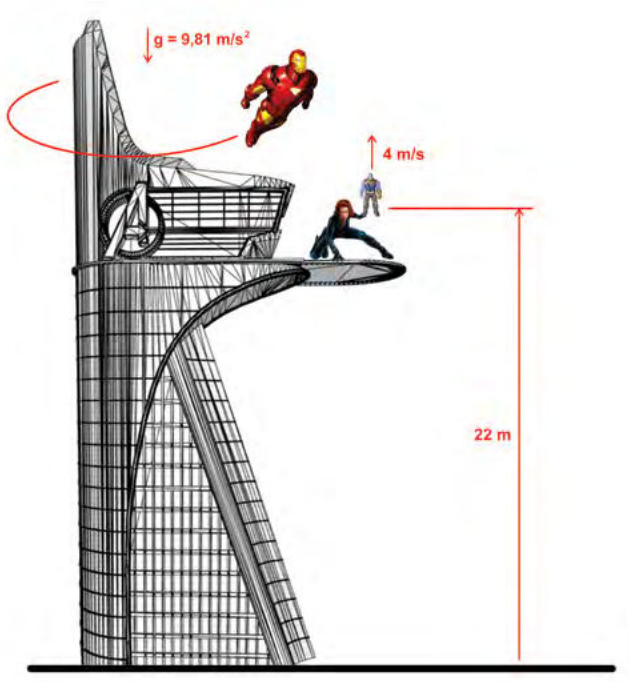
92. O coelho Ricochete era um xerife do Velho Oeste. Seu nome vinha do fato de ele correr em alta velocidade (só se via um borrão), ricocheteando em objetos. Quando corria, ele falava "Bing-Bing-Bing! Coelho Ricochete". Seu parceiro era Blau Blau, um coiote que usava um chapéu amassado e atravessado na cabeça, característico dos *sidekicks* atrapalhados dos filmes de *western* dos anos 1940. Apesar de corajoso, Blau Blau era lerdo e azarado, nunca conseguia ajudar seu companheiro xerife. Uma das *gags* era quando ele sacava seu revólver, que se desmanchava todo. Além da velocidade, o Coelho Ricochete tinha como arma secreta balas especiais que sempre surpreendiam os vilões. Um dos fatos conhecidos do corajoso xerife é que ele é mais veloz do que um projétil de revólver (um projétil de um revólver calibre 38 parte a 1.044 km/h).
Considere que o Coelho Ricochete tenha uma massa de 5 kg e atinja essa mesma velocidade em um intervalo de tempo de 10 s. Calcule:

a) A energia cinética do xerife quando atinge essa velocidade.

b) A potência muscular do pequeno Ricochete, em cv, durante a fase de aceleração (1 cv = 735,5 W).

93. (Adaptado – NYA – Mechanics) Três Vingadores entram em uma lanchonete para desfrutar de uma noite tranquila com alguns refrescos. Nem é preciso dizer que a conversa gira em torno de quem é o vingador mais forte de todos eles. Como estão cansados de lutar (foi uma longa semana de batalhas contra o mal), eles decidem pôr fim a essa questão resolvendo, cada um, o seguinte problema de Física:

Um boneco de Thanos é lançado para cima com uma velocidade de 4 m/s da borda da Torre Stark e cai 22 m de altura, em um andar onde há o "Laboratório Feynman de Eletrodinâmica Quântica". Por quanto tempo ele fica no ar e qual é a sua velocidade antes de atingir esse andar?



Suas soluções são apresentadas a seguir. Entre eles, quem é, em virtude de suas excelentes habilidades físicas, digno do título de "O Vingador Mais Forte"?

Obs.: Tony Stark riu da "dificuldade do problema" e decidiu tomar um refresco com a Viúva Negra em outro local.

$x_o = 22\ m$ $x_f = 0\ m$ $v_{ox} = 4\frac{m}{s}$ $a = -9{,}81\frac{m}{s^2}$	$x_o = 0\ m$ $x_f = 22\ m$ $v_{ox} = 4\frac{m}{s}$ $a = 9{,}81\frac{m}{s^2}$	$x_o = -22\ m$ $x_f = 0\ m$ $v_{ox} = -4\frac{m}{s}$ $a = 9{,}81\frac{m}{s^2}$
$x = x_o + v_{ox}t + \frac{1}{2}at^2$ $(0m)$ $= (22m) + \left(4\frac{m}{s}\right)t$ $+\frac{1}{2}\left(-9{,}81\frac{m}{s^2}\right)t^2$ $4{,}905t^2 - 4t - 22 = 0$ **t = −1, 749s ou t = 2, 564s**	$x = x_o + v_{ox}t + \frac{1}{2}at^2$ $(22m)$ $= (0m) + \left(4\frac{m}{s}\right)t$ $+\frac{1}{2}\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)t^2$ $4{,}905t^2 + 4t - 22 = 0$ **t = −2, 564s ou t = 1, 749s**	$x = x_o + v_{ox}t + \frac{1}{2}at^2$ $(0m)$ $= (-22m) - \left(4\frac{m}{s}\right)t$ $+\frac{1}{2}\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)t^2$ $4{,}905t^2 - 4t - 22 = 0$ **t = −1, 749s ou t = 2, 564s**
$v_x = v_{ox} + at$ $v_x = 4\frac{m}{s} +$ $\left(-9{,}81\frac{m}{s^2}\right)2{,}594\ s$ $\boldsymbol{v_x = -21{,}2\frac{m}{s}}$	$v_x = v_{ox} + at$ $v_x = 4\frac{m}{s} +$ $\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)1{,}749\ s\ s$ $\boldsymbol{v_x = 21{,}2\frac{m}{s}}$	$v_x = v_{ox} + at$ $v_x = -4\frac{m}{s} +$ $\left(9{,}81\frac{m}{s^2}\right)2{,}594\ s$ $\boldsymbol{v_x = 21{,}2\frac{m}{s}}$
Resposta t = 2,564 s v_x = -21,2 m/s	**Resposta** t = 1,749 s v_x = 21,2 m/s	**Resposta** t = 2,564 s v_x = 21,2 m/s

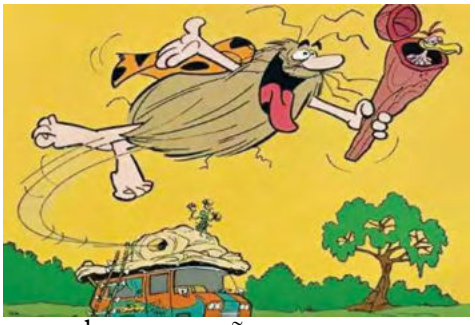
a) Apenas Thor está correto.

b) Apenas Hulk está correto.

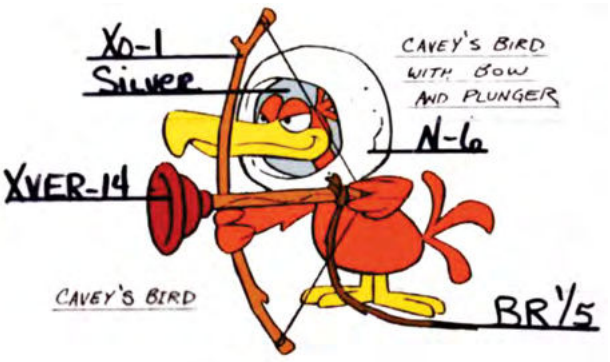
c) Apenas Capitão América está correto.

d) Hulk e Capitão América estão corretos.

e) Thor e Capitão América estão corretos.



94. Capitão Caverna é um desenho da década de 1970, criado por Joe Ruby e Ken Spears, e produzido pela Hanna-Barbera Productions. Seu protagonista era o Capitão Caverna, um ser baixinho, troglodita, coberto de pelos e sempre com uma clava em mãos, com a qual ele realizava várias proezas, inclusive voar. Um "pássaro das cavernas", que ficava dentro da clava, fazia com que esse equipamento fosse quase como um cinto de utilidades.



Considere que, em uma das situações, o fiel escudeiro de Caverna utilize um arco de constante elástica k = 1.000 N/m, tracionado de 40 cm, para disparar uma flecha de 400 g contra uma superfície perfeitamente polida. Considere também que, na ponta da flecha, encontra-se uma chupeta de borracha, de 20 cm de diâmetro.

Desprezando a resistência do ar no início do movimento e adotando $\pi = 3$, calcule:

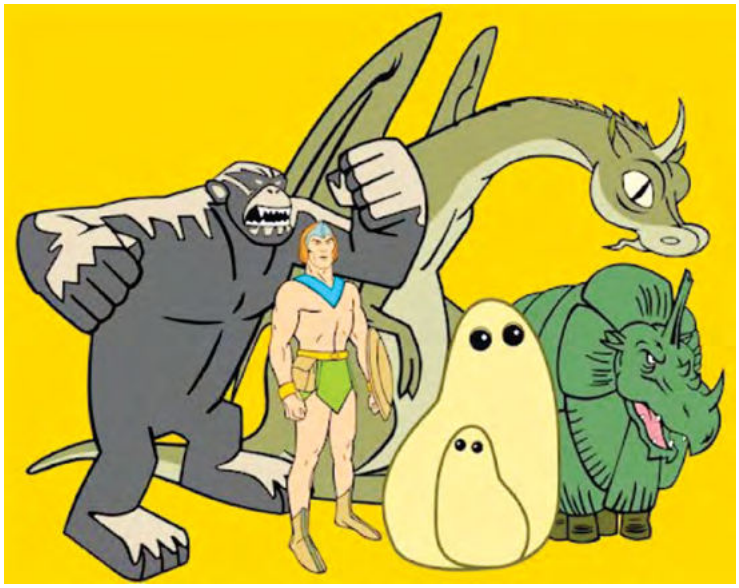
a) A velocidade da flecha ao deixar o arco.

b) A força necessária para desgrudar a flecha da superfície, sabendo que a pressão atmosférica local é $P_{atm} = 1x10^5$ Pa.

O texto a seguir se refere às questões entre 95 e 98.

Herculoides é uma série de televisão animada americana, criada e desenhada por Alex Toth, produzida pela Hanna-Barbera Productions. A série estreou em 9 de setembro de 1967 na CBS. Seus personagens principais são:

- **Zandor**: protetor do planeta Quasar, sempre anda com seu escudo e seu estilingue; é o mais valente da família.
- **Tara**: mulher de Zandor, é a cabeça pensante da equipe, inteligente e com instinto de liderança.
- **Dorno**: filho do casal, é bastante jovem e vive entrando em enrascadas para ser salvo pelo seu pai, o grande Zandor.
- **Zok**: o dragão alado, capaz de emitir raios de seus olhos e sua cauda. É o único Herculoide capaz de voar pelo espaço e respirar fogo.
- **Igoo**: um gorila de pedra extremamente forte e gigantesco. Sua pele é muito dura. Apesar de sua aparência e sua personalidade hostil, tem uma afeição e um carinho muito grandes por Tara.



• **Tundro**: ele parece uma mistura de rinoceronte, tanque de guerra, besouro, flor (por causa do couro em volta do pescoço) e triceratops de dez patas. Atira pedras de energia explosivas de seu chifre. Sua carapaça blindada faz dele tão resistente quanto Igoo. É bastante forte, e suas pernas são capazes de se esticar como pernas de pau.

• **Gloop e Gleep**: duas criaturas que são capazes de se dividir em unidades menores, todas com olhos e autonomia própria, mas também capazes de agir em grupo, cooperando umas com as outras. Gloop é o maior dos dois e aparentemente é o irmão mais velho de Gleep. Enquanto Igoo e Tundro se protegem com suas blindagens, Gloop e Gleep partem do princípio inverso. Seus corpos extremamente elásticos, flexíveis e gelatinosos são capazes de desviar com rapidez e, até mesmo, refletir os raios dos inimigos. Gloop e Gleep parecem um pouco com amebas gigantes.

95. Em certa ocasião, Zandor e Tara foram atacados por Mekkor e seus lacaios, em uma terrível emboscada. Para se defender do ataque, Zandor utiliza seu estilingue, composto por dois elásticos de constante elástica k = 200 N/m, esticando-os em 1 m, e atira um mineral de massa 40 g na direção de Mekkor. Considere que, durante todo o estiramento, os elásticos permaneçam paralelos. Calcule:

a) A constante elástica equivalente do estilingue.

b) A energia do disparo.

c) A velocidade de disparo do pequeno mineral.

96. Tundro atira pedras de energia explosivas de seu chifre, além de ter uma carapaça blindada. Considere que Tundro tenha uma massa de 10 toneladas e que atire as pedras de energia de 200 g cada, com uma frequência de 5 tiros por segundo, com uma velocidade de 360 km/h. Calcule:

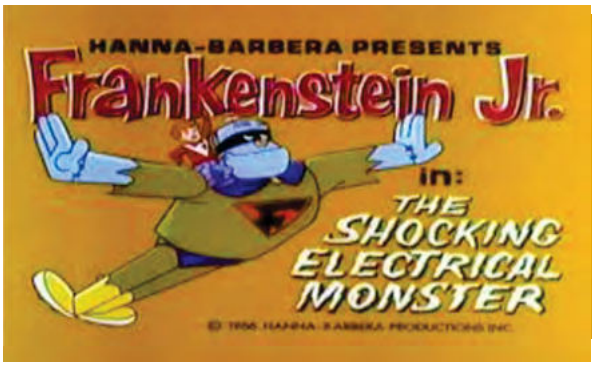
a) A força de atrito sobre as patas de Tundro, sabendo que ele permanece em repouso durante os tiros horizontais.

b) O mínimo coeficiente de atrito entre o solo e as patas de Tundro para que ele permaneça em repouso.
c) A velocidade adquirida por Tundro após 1 s, em sentido contrário ao do disparo, caso ele estivesse em uma superfície perfeitamente lisa.

97. Zok é capaz de emitir raios de seus olhos e sua cauda, com uma potência total de 5 MW. Com a finalidade de construir uma lança, Dorno pede a Zok que dispare seus raios sobre uma pedra de hematita (Fe_2O_3) de volume 1.000 litros. A pedra estava na superfície do planeta Quasar a uma temperatura ambiente de 149°F. Calcule o tempo necessário para que Zok consiga começar a derreter o mineral.
Dados:
Ponto de fusão da hematita: 1565°C.
Calor específico da hematita: 0,1 cal/g°C.
Densidade da hematita: 5 g/cm³.
1 cal = 4,2 J.

98. Gloop e Gleep são criaturas de um material elástico capazes de assumir todas as formas imagináveis. Considere que Gloop tenha uma forma de um cilindro de diâmetro 80 cm e altura 2 m. Na figura, podemos verificar que, para proteger Tara, ele se divide em cinco,

mantendo a mesma densidade inicial e a mesma altura. Qual é o novo diâmetro de cada um dos 5 após essa separação?



99. Frankenstein Jr. é um desenho com produção de Hanna-Barbera. Estreou em 1966 e teve 18 episódios. O enredo conta com o garoto cientista Bob e seu pai, o Professor Conroy, que combatiam supervilões com a ajuda de um robô poderoso chamado de Frankenstein Jr. Frankie, como era chamado, era ativado por um anel que Bob usava.

No Episódio "Frankenstein Jr. Contra o Monstro Elétrico-Choque, na ilha de Íon, esconderijo do maligno Dr. Choque, mais uma experiência diabólica é realizada. Utilizando uma grande máquina, Dr. Choque troca as moléculas do corpo de seu assistente Igor por uma monstruosa massa de energia, criando o mais poderoso monstro elétrico que o mundo jamais viu, o Monstro Elétrico-Choque, o qual absorve a energia elétrica de tudo ao seu redor.

Para vencê-lo, Frankie utiliza um poderoso ímã com a intensão de sugar toda a energia elétrica absorvida pelo monstro, que, após perdê-la, volta à forma de Igor, o assistente do Dr. Choque.

A relação entre eletricidade e magnetismo é conhecida há um bom tempo, e seu casamento gerou o que conhecemos por eletromagnetismo. Por meio de experiências, Oersted descobriu que a corrente elétrica em um fio condutor gera um campo magnético existente ao redor desse fio. Já Faraday descobriu que a variação de um campo magnético é o que induz uma corrente elétrica em um condutor.

Com base nos conhecimentos físicos de energia e eletromagnetismo, explique se Frankie agiu corretamente, ou seja, se um grande ímã poderia sugar energia elétrica.

O texto a seguir se refere às questões 100, 101 e 102.

Thundercats

ThunderCats conta as aventuras de um grupo de felinos sobreviventes do planeta Thundera. O primeiro episódio da série começa com a destruição de Thundera, forçando os ThunderCats (uma espécie de nobreza thunderiana) a fugir de seu planeta natal. A frota é atacada pelos inimigos dos thunderianos, os mutantes de Plun-Darr, que destruíram todas as naves da frota thunderiana, exceto a nave-mãe, na esperança de capturar a lendária Espada Justiceira. A espada possui o Olho Místico de Thundera, a fonte do poder dos ThunderCats, encrustado na empunhadura. Embora os mutantes tenham causado danos à nave-mãe,

o velho guardião de Lion-O, Jaga, oferece-se para pilotar a nave e levá-los em segurança ao Terceiro Mundo. No entanto, Jaga morre no processo porque a viagem leva várias décadas, apesar da tecnologia avançada da nave interestelar. Entre os personagens principais estão o jovem Lion-O, lorde dos ThunderCats, e seus companheiros ThunderCats Cheetara, Panthro, Tygra, WilyKit, WilyKat e Snarf.

Quando os ThunderCats acordam de seu estado de animação suspensa no Terceiro Mundo, Lion-O descobre que sua cápsula de suspensão não conseguiu inibir o seu envelhecimento. Ele agora é uma criança no corpo de um homem. Juntos, os Thundercats e os nativos amigáveis do Terceiro Mundo constroem a Toca dos Gatos, sua nova casa e sede, mas, em pouco tempo, os mutantes chegam ao Terceiro Mundo. Além disso, a chegada das duas raças alienígenas ao Terceiro Mundo não passa despercebida. Ao tomar conhecimento do Olho de Thundera, o feiticeiro demoníaco mumificado do Terceiro Mundo, chamado Mumm-Ra, recruta os mutantes para ajudá-lo a adquirir o Olho de Thundera e destruir os ThunderCats, para que possa continuar exercendo seu controle maligno sobre o planeta.

100. Com a destruição de Thundera, os ThunderCats são obrigados a fugir para o Terceiro Mundo. A viagem leva muito tempo, apesar da tecnologia avançada da nave interestelar. Quando os ThunderCats acordam de seu estado de animação suspensa no Terceiro Mundo, Lion-O descobre que sua cápsula de suspensão não conseguiu inibir o seu envelhecimento. Ele agora é uma criança no corpo de um adulto, tendo envelhecido 30 anos nesse processo. Considere que a nave thunderiana viaje a uma velocidade de 20 km/s e que 1 ano = $3{,}2 \times 10^7$ s. Calcule a distância entre Thundera e o Terceiro Mundo.

101. Cheetara é a mais veloz entre os Thundercats, além de possuir grandes talentos acrobáticos e capacidade de combate manual ou com seu potente bastão. Após uma rápida corrida, Cheetara tomou um choque ao encostar no Thunder Tank, que estava estacionado no árido Terceiro Mundo. Explique o motivo do choque elétrico.

102. Tygra usa um poderoso chicote de três pontas como arma de defesa, que, entre outras funções, pode torná-lo invisível. Ao acionar o chicote

no ar, ouve-se um estalo. Explique, com base nos conhecimentos em Física, a causa do estalo.

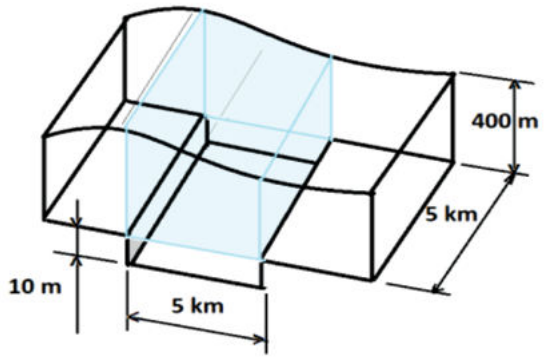
103. (Adaptado – UnB) Fantomas, o Guerreiro da Justiça (em japonês Ōgon Batto, literalmente "Morcego Dourado"), é um super-herói japonês criado por Takeo Nagamatsu na década de 1930.

Dr. Miller, um famoso arqueólogo, deseja encontrar o continente perdido de Atlântida, mas o robô mão gigante do Dr. Zero afunda seu navio e apenas sua filha Marie sobrevive ao naufrágio. Ela é socorrida pelo Dr. Steel, e eles acabam na lendária Atlântida, agora de volta à superfície em razão de uma explosão vulcânica. Lá, encontram acidentalmente a tumba do imperador Ogon Bat. Após decifrar os hieróglifos, os quais dizem que um grande mal ameaça a Terra a cada 10 mil anos e somente o guerreiro que está no

esquife pode vencê-lo, Marie derrama água por sobre o esqueleto do sarcófago trazendo Fantomas de volta à vida.

Marie e o Dr. Steel se tornam protegidos de Fantomas, e, quando necessário, ela invoca o morceguinho dourado, que se torna uma tatuagem no braço de Fantomas.

Fantomas é constituído de um metal indestrutível e possui supervelocidade e superforça. Além disso, pode controlar tempestades, criar terremotos, voar e até viajar por outras dimensões.



Com a finalidade de afundar Atlântida novamente, Fantomas criou um terremoto que causou o afundamento abrupto de parte do assoalho oceânico, no formato de um paralelepípedo de 5 km de extensão, 5 km de largura e 10 m de profundidade, em uma região onde a coluna d'água é de 400 m. Considere $g = 10\ m/s^2$ e a densidade d'água $d = 1.000\ kg/m^3$. 1 megaton de TNT possui energia de $4{,}2 \times 10^{15}$ J e a bomba de Hiroshima tinha energia equivalente a 13 quilotons. Esse Tsunami tinha energia equivalente a quantas bombas de Hiroshima?

104. (Adaptado – University of LEICESTER)
Tanto uma fortaleza inexpugnável como um símbolo da autoridade inviolável do Imperador, a estação móvel de combate dos confins do espaço foi uma conquista comparável a qualquer outra arquitetada pelas espécies ancestrais que desvendaram os segredos do hiperespaço e abriram as portas da galáxia à exploração.
(Governador Wilhuff Tarkin).

A Estrela da Morte, também conhecida como Plataforma DS-1, a "Arma Definitiva", era uma estação de batalha móvel pelo espaço profundo do tamanho de uma lua, construída pelo Império Galáctico. Projetada para disparar um único superlaser, capaz de destruir um planeta, sustentado por gigantescos cristais kyber, o projeto era o grande orgulho do Imperador Darth Vader e seu eventual comandante Grande Moff Wilhuff Tarkin para expor a filosofia militar da chamada Doutrina Tarkin.

Fonte: https://starwars.fandom.com/pt/wiki/Estrela_da_Morte#:~:text=Em%20quest%C3%A3o%20de%20momentos%2C%20a,um%20tenente%20da%20Marinha%20Imperia.

Em um dos episódios da saga Star Wars, o planeta natal da Princesa Leia é destruído por essa incrível máquina. Quanta energia o feixe de *laser* da Estrela da Morte precisou para destruir Alderaan, terra natal da Princesa Leia?

Para uma massa esférica com densidade de energia uniforme, a energia de ligação gravitacional U é dada por:

$$\boldsymbol{U = \frac{3GMp^2}{5Rp}}$$

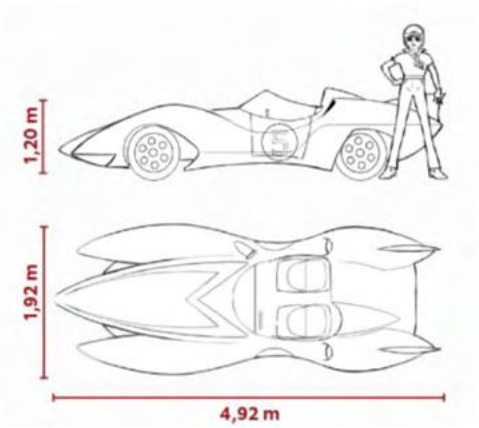
Em que Mp é a massa do planeta e Rp é o raio do planeta. Qual é a energia necessária para destruir um planeta do tamanho da Terra, como Alderaan?

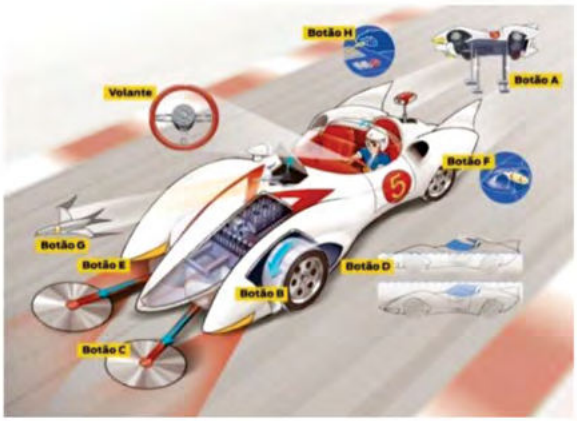
Considere:

Mt = $6x10^{24}$ kg; Rt = $6,4x10^{3}$ km; e G = $6,67.10^{-11}$ $N.m^2/kg^2$.

O texto a seguir se refere às questões de 105 a 113.

Speed Racer é uma série de manga e anime dos anos 1960, criada por Tatsuo Yoshida, sobre corridas de automóveis. Speed Racer é um jovem e audaz piloto de corrida de 18 anos que pilota o carro Mach 5, criado por seu pai (Pops Racer) e vive diversas aventuras dentro e fora das pistas. As corridas ocorrem em locais inusitados, como selvas, desertos, e são sempre repletas de acidentes espetaculares e golpes sujos dos participantes. Seus mais célebres rivais são a Equipe Acrobática e o Carro Mamute. O grande aliado de Speed Racer para enfrentar esses desafios é seu sensacional carro, o Mach 5, que possui incríveis dispositivos tecnológicos.





Ficha técnica – Mach 5	
Potência	1700 hp
Massa	1.000 kg com o piloto
Velocidade Máxima	489,6 km/h
Transmissão	6 marchas
Torque Máximo	780 Nm (5.500 RPM)
Motor	V12

- **Botão A – Macaco hidráulico (*Auto Jack*)**

Aciona quatro pernas que erguem o carro. É utilizado tanto para manutenção quanto para saltar obstáculos quando em movimento.

- **Botão B – Cinta aderente (*Belt Tires*)**

Sistema de controle de tração que reveste os pneus com uma cinta superaderente e permite ao Mach 5 correr por qualquer tipo de terreno (pista molhada, neve ou lama), além de distribuir a potência igualmente entre as quatro rodas.

- **Botão C – Serras elétricas (*Cutter Blades*)**

Boas para a remoção de obstáculos, como arbustos e árvores. São muito utilizadas quando Speed Racer é forçado por seus rivais a sair da pista e seguir por caminhos alternativos.

- **Botão D – Vidro protetor (*Deflector*)**

O mecanismo sela o *cockpit* do carro com um vidro ultrarresistente que protege o motorista contra tiros e choque. Também permite o uso submarino.

- **Botão E – Iluminação especial (*Illuminating Eye*)**

Para a noite. Quando usada com o capacete, que é equipado com um visor especial, permite visão infravermelha. Seu controle pode ser com ambos os faróis dianteiros ou com apenas um.

- **Botão F – Modo submarino (*Frogger Mode*)**

Função associada à do botão D, que sela o carro. O *cockpit* se fecha e é abastecido com oxigênio, que flui de um tanque. O suprimento tem capacidade de 45 kg de O_2, o suficiente para até meia hora sob a água. O botão também aciona um periscópio que varre a superfície – as imagens são exibidas em uma tela sobre o painel.

- **Botão G – Robô pombo-correio (*Go Homing Robot*)**

O mecanismo ejeta, por uma abertura no capô, uma espécie de *drone* em formato de pombo. Ao longo dos episódios, o *gadget* é usado para transportar mensagens (escritas e gravadas) e pequenos objetos. Também pode fazer fotos aéreas por meio de uma câmera acoplada.

- **Botão H – Controle do robô (*Home*)**

Único botão que não fica no volante, e sim entre os assentos. Trata-se de um controle que envia o pássaro-robô para um ponto pré-programado, normalmente a casa da família Racer. O pequeno *joystick* no painel serve para controlar o *drone*.

Fonte: Livro Speed Racer: The Official 30th Anniversary Guide, de Elisabeth Moran; sites Anime News Network e Tatsunoko Productions <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/infografico-o-carro-mach-5-de-speed-racer/>

105. O carro Mach 5, de Speed Racer, foi criado por Tatsuo Yoshida para o mangá, lançado em 1966, e para a adaptação em anime de 1967. Esse incrível carro tem suas especificações técnicas dadas na tabela a seguir.

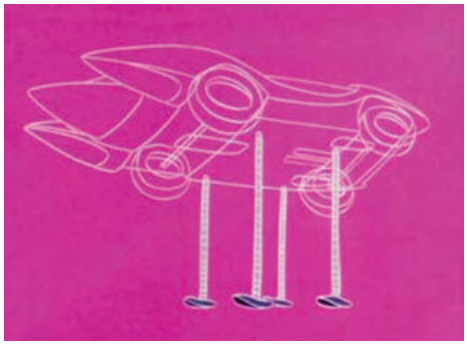
Ficha técnica – Mach 5	
Potência	1700 hp
Massa	1.000 kg com o piloto
Velocidade Máxima	489,6 km/h
Transmissão	6 marchas
Torque Máximo	780 Nm (5.500 RPM)
Motor	V12

Considere 1 hp = 745 W e que o motor transmite efetivamente 80% da potência para o carro. Com base nos dados da tabela e considerando que a velocidade máxima é atingida em um plano horizontal, calcule a força de resistência imposta pelo ar ao veículo. Despreze outras forças dissipativas.

106. Durante uma de suas brilhantes corridas, Speed leva o Mach 5 por um trecho retilíneo da pista, logo na saída de uma curva, e é flagrado pela câmera do GP, quase como um borrão, em razão de sua enorme velocidade. Ao passar a imagem quadro a quadro, temos a seguinte cena, que representa dois quadros consecutivos.

Sabendo que a câmera grava 400 quadros por segundo e que as raias laterais da pista, vermelha e branca, medem 2 m em cada trecho, estime a velocidade média do Mach 5, em km/h, nesse trecho.

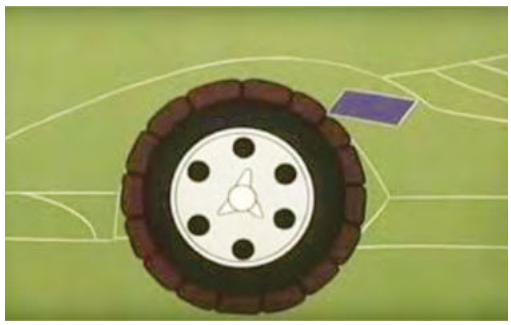
107. O Botão A presente no volante do Mach 5 aciona um macaco hidráulico (*Auto Jack*), que pode lançar o carro de Speed a uma altura de 2,45 m. São quatro "pernas" que erguem o carro. É utilizado tanto para manutenção quanto para saltar obstáculos quando em movimento.



a) Se cada cilindro ("pernas") possui área de 50 cm^2, calcule a pressão necessária, em atm, em cada uma das "pernas" para manter o carro parado, em equilíbrio, sobre elas (manutenção). Considere 1 atm = 10^5 N/m^2.

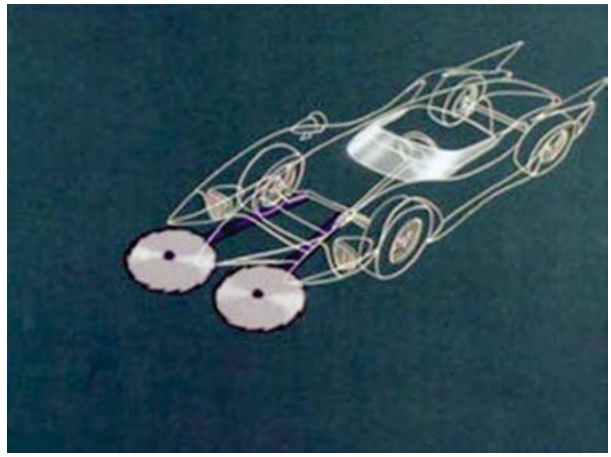
b) Para o salto, considere que o veículo fique em contato com o chão por apenas 0,1 s. Calcule a pressão feita nas "pernas" para arremessar o veículo até 2,45 m de altura. Considere o centro de massa no centro geométrico do veículo.

108. O Botão B do Mach 5 aciona a cinta aderente (*Belt Tires*), um sistema de controle de tração que reveste os pneus com uma cinta superaderente e permite ao Mach 5 correr por qualquer tipo de terreno (pista



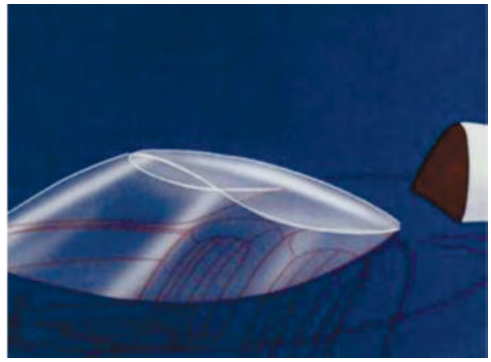
molhada, neve ou lama), além de distribuir a potência igualmente entre as quatro rodas.

Os pneus apresentam um coeficiente de atrito estático de aproximadamente 1,2. Ao acionar o Botão B, a cinta que reveste os pneus aumenta esse valor para 2,5. Calcule qual é a velocidade máxima com que Speed Racer pode fazer uma curva de raio R = 100 m, utilizando a cinta, em um terreno horizontal, sem perder a aderência.



109. Ao acionar o Botão C de seu volante, surgem na frente do veículo potentes serras elétricas (*Cutter Blades*), excelentes para a remoção de obstáculos, como arbustos e árvores. São muito utilizadas quando Speed Racer é forçado por seus rivais a sair da pista e seguir por caminhos alternativos.

Considerando que as lâminas tenham um diâmetro de 1 m e girem com frequência de 600 RPM, encontre a velocidade linear de um dos dentes da serra, no Sistema Internacional de Unidades.



110. Outro botão muito especial é o Botão D, que aciona o vidro protetor (*Deflector*). Esse mecanismo sela o *cockpit* do carro com um vidro ultrarresistente que protege o motorista contra tiros e choque. Também permite o uso submarino.

Uma avaliação adequada do desempenho das blindagens é extremamente importante para garantir a segurança do ocupante do veículo. A evolução das blindagens está, em grande parte, associada à evolução do armamento e aos novos materiais utilizados nas blindagens. As blindagens para impactos balísticos são classificadas por níveis de proteção, os quais estão relacionados à forma, ao material, ao ângulo de incidência, à energia e à área de impacto.

A tabela a seguir indica as características de diferentes tipos de projéteis.

MUNIÇÃO	MASSA DO PROJETIL (g)	VELOCIDADE DO PROJETIL (m/s)
.38 Special RN Chumbo	10,2	259
.357 Magnum JSP	10,2	381
9 mm FMJ	8,0	358
7,62 mm FMJ	9,7	838

Se o vidro protetor do Mach 5 é capaz de suportar uma energia de 2.500 J, ele:

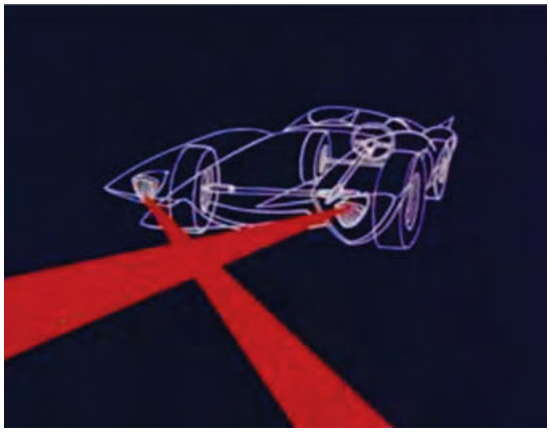
a) pode bloquear apenas tiros de calibre .38.

b) pode bloquear apenas tiros de calibre .38 e 9 mm.

c) pode bloquear apenas tiros de calibre .38, .357 e 9 mm.

d) pode bloquear todos os projéteis indicados na tabela.

e) não seria eficiente contra nenhum desses projéteis.



111. Para noites escuras, Mach 5 é dotado de iluminação especial (*Illuminating Eye*), acionada pelo Botão E. Quando usada com o capacete, que é equipado com um visor especial, permite visão infravermelha. Seu controle pode ser com ambos os faróis dianteiros ou com apenas um.

Criada e patenteada pelo húngaro Kalman Tihanyi em 1929, a tecnologia de visão noturna funciona captando os fótons da radiação infravermelha e traduzindo-os em elétrons com a ajuda de um fotocátodo, em que os elétrons são multiplicados e traduzidos em feixes de luz por uma tela de fósforo. A luz infravermelha não é visível ao olho humano.

Os primeiros aparelhos de visão noturna surgiram no período pré-Segunda Guerra Mundial.

Não existem lentes que permitem ver no escuro. Portanto, os principais produtos que utilizam a tecnologia da visão noturna são câmeras com emissores infravermelhos. Ao acionar o Botão E, Mach 5,

por meio de aparatos localizados em seu farol, emite luz infravermelha, que reflete e capta por receptores os objetos ao atingi-los.

Sobre a luz infravermelha, considere as seguintes afirmações:

I) A luz infravermelha é visível ao olho humano e é um tipo de onda eletromagnética.

II) No vácuo, a luz infravermelha tem uma velocidade menor que a da luz vermelha, embora sua frequência seja menor.

III) O comprimento de onda da luz infravermelha é menor que o comprimento de onda da luz vermelha, embora a velocidade das duas seja a mesma.

As afirmações corretas são:

a) Todas.

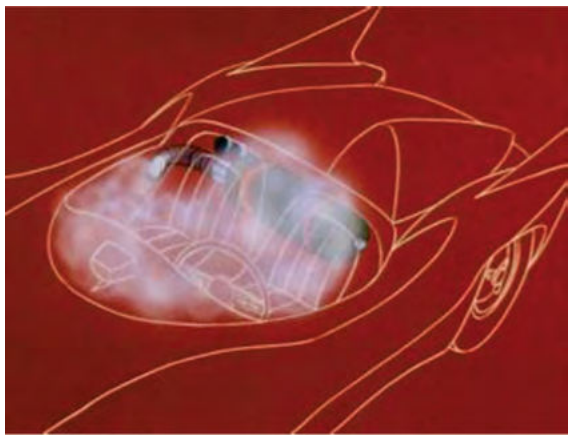
b) Apenas I e II.

c) Apenas III.

d) Apenas I e III.

e) Nenhuma.

112. (Adaptado – UNICAMP) O Botão F do Mach 5 acionava o modo submarino (*Frogger Mode*). Essa função era associada à do botão D, que sela o carro. O *cockpit* se fecha e é abastecido com oxigênio, que flui de um tanque. O suprimento tem capacidade de 45 kg de O_2, o



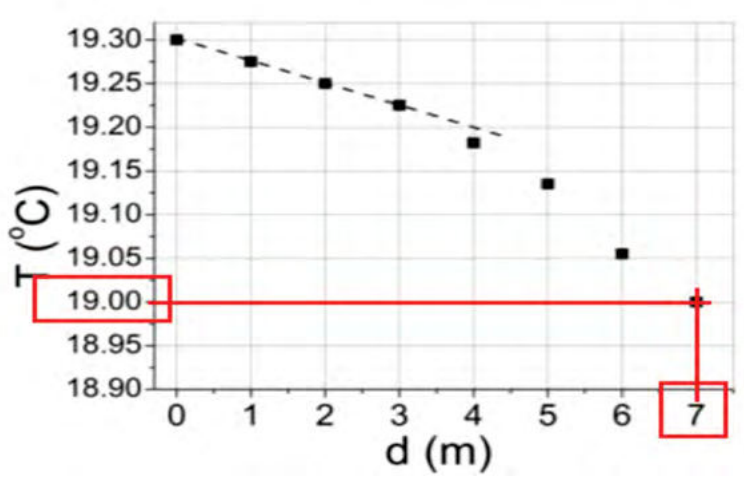
suficiente para até meia hora sob a água. O botão também acionava um periscópio que varria a superfície. As imagens eram exibidas em uma tela sobre o painel.

O consumo de O_2 de um indivíduo em repouso poderia ser estimado em aproximadamente 3,5 ml/(kg.min), o que é também chamado de 1 MET. Pilotando seu carro, Speed atinge um consumo de 50 ml/(kg.min).

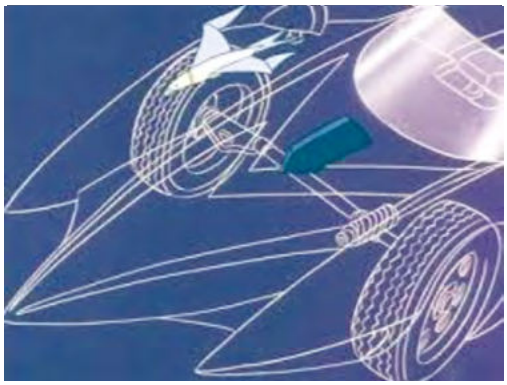
a) Calcule o consumo de O_2 de Speed Racer, sabendo que ele possui massa de 60 kg.

b) Sabendo que o tanque de O_2 é responsável pela manutenção da saúde de Speed e pela combustão do motor, encontre o volume de O_2 destinado ao motor e o consumo de O_2 por minuto do motor nessa situação. Considere o volume ocupado por 01 kg de O_2 comprimido como sendo 0,754 m^3.

c) Mach 5 possui um sensor usado para medir a temperatura da água (T) em função da profundidade (d), a partir da superfície (d = 0), como no caso ilustrado no gráfico a seguir.



Considere que a densidade da água é $\rho = 1.000$ kg/m³ e constante para todas as profundidades percorridas pelo Mach 5, em sua empreitada subaquática. Qual é a diferença de pressão hidrostática entre a superfície e uma profundidade para a qual a temperatura da água seja T = 19°C?



113. Apesar de modernos, os *drones* já haviam sido idealizados há um bom tempo. Em 1966, Tatsuo Yoshida inseriu dois botões no volante do Mach 5, o Botão G, que liberava o robô pombo-correio (*Go Homing Robot*), e o Botão H, controle do robô (*Home*). Ao acionar o Botão G, um mecanismo ejeta, por uma abertura no capô, uma espécie de *drone* em formato de pombo. Ao longo dos episódios, o *gadget* foi usado para transportar mensagens (escritas e gravadas) e pequenos objetos. Também

pode fazer fotos aéreas por meio de uma câmera acoplada. Quando acionava o Botão H, o único botão que não ficava no volante, e sim entre os assentos, esse pássaro-robô era enviado para um ponto pré-programado, normalmente a casa da família Racer. O pequeno *joystick* no painel servia para controlar o *drone*.

Considere que o *Homing Robot* utilize uma bateria com carga total q = 1.200 mAh. Se o *drone* operar com uma corrente de 0,6 A, qual será o intervalo de tempo, em minutos, que esse *drone* poderá funcionar?

114. No início da década de 1960, a corrida espacial impulsionou o desejo por monitorar também a superfície da Terra a partir do espaço, para fins militares. Os Superamigos, da Liga da Justiça, sabiam que era possível monitorar o território inimigo de maneira eficiente e silenciosa. Assim, tiveram a ideia de lançar um satélite artificial geoestacionário para monitorar o território inimigo. O satélite geoestacionário deve estar aparentemente parado em relação a um ponto fixo sobre a Terra, geralmente sobre a Linha do Equador, em Movimento Circular Uniforme (MCU). A grande questão era: a que distância da superfície da Terra o Super-Homem deveria levar o satélite para colocá-lo em órbita geoestacionária?

A figura a seguir ilustra um satélite em órbita geoestacionária (circular ao redor da Terra). Com o satélite em órbita, a única força que atuará sobre ele será seu peso, em razão da atração gravitacional da Terra. A força gravitacional (Fg) aponta para o centro da Terra (perpendicular à velocidade de órbita do satélite) e corresponde à força centrípeta (Fc). Portanto, a força centrípeta do satélite é igual à força de atração gravitacional da Terra sobre ele (Fg = Fc).

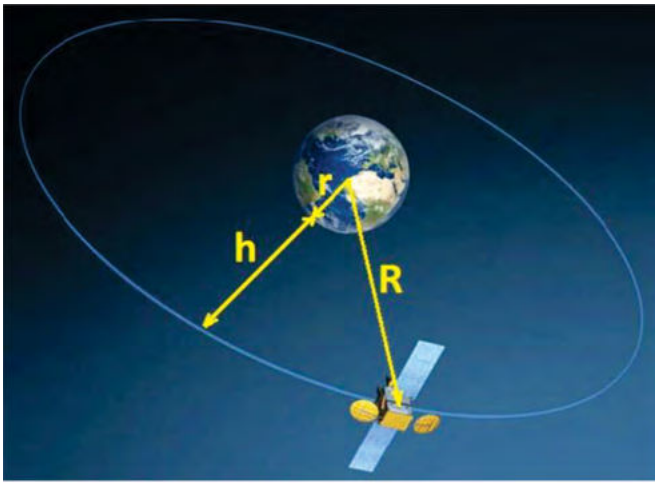
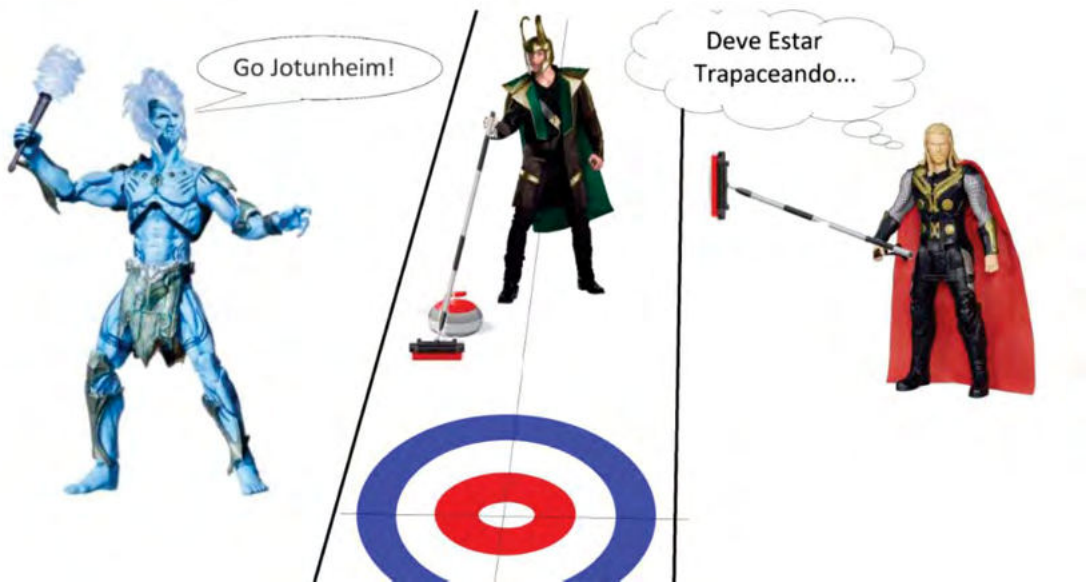


Ilustração da órbita circular de um satélite artificial ao redor da Terra, em movimento circular uniforme (MCU). Fonte: adaptada da Agência Espacial Europeia (ESA).

115. Apesar de viver em Asgard, como filho de Odin e irmão de Thor, Loki é filho de Laufey, rei dos Gigantes de Gelo de Jotunheim, um dos Nove Reinos da cosmologia asgardiana. Durante uma batalha entre Asgard e Jotunheim, Odin leva Loki, ainda criança, para cuidar dele como um filho junto de seu próprio filho Thor. Com tanto gelo nas veias, um dos principais esportes praticados por Loki, às escondidas, é o *curling*, um dos esportes de inverno mais antigos e tradicionais.

No jogo, dois times têm de deslizar pedras de granito sobre uma área marcada de gelo e tentar colocá-las o mais próximo possível do centro. A pista de *curling* é construída para ser perfeitamente nivelada. Após o lançamento, membros da equipe varrem (com vassouras especiais) o gelo à frente da pedra, porém sem tocá-la. Isso influi diretamente na distância percorrida e na direção do movimento da pedra. Em um lançamento retilíneo, sem a interferência dos varredores, verifica-se que o módulo da desaceleração da pedra é superior se comparado à desaceleração da mesma pedra lançada com a ação dos varredores.



A menor desaceleração da pedra de granito ocorre porque a ação dos varredores diminui o módulo da:

a) força motriz sobre a pedra.
b) força de atrito cinético sobre a pedra.
c) força peso paralela ao movimento da pedra.
d) força de arrasto do ar que atua sobre a pedra.
e) força de reação normal que a superfície exerce sobre a pedra.

116. Gru recebe um telefonema anônimo informando que a sua arma de "raio encolhedor", que havia sido roubada por "Vetor", estava escondida em um trem na estação de cargas. Para evitar a partida do trem da estação, ele resolveu destruir um dos vagões. A figura a seguir ilustra o estrago que Gru conseguiu realizar. Assumindo que o vagão de aço inoxidável havia acabado de ser carregado com vapor de água a uma temperatura de 177°C, por meio de um registro com um medidor que marcava 1 atm de pressão interna no cilindro de aço, explique o que ocorreu com base na Lei dos Gases Ideais, uma vez que Gru não tem força física para tal proeza, mas encontrou um hidrante na estação com água gelada disponível a uma temperatura de 2°C.

(a)

(b)

Imagens de um tanque de aço (a) antes e (b) depois de ser "esmagado por Gru".

O texto a seguir se refere às questões 117 e 118.

Tocha Humana é o codinome de Johnny Storm, um super-herói de histórias em quadrinhos da Marvel Comics. Ele gera fogo, podendo inflamar seu corpo inteiro, ao pronunciar sua célebre frase "em chamas!", além de poder usar a energia para levantar voo. Johnny é irmão de Sue Storm, a Mulher Invisível, e cunhado do Senhor Fantástico Reed Richards, que, com Benjamin Grimm, o Coisa, formam o Quarteto Fantástico.

117. Depois de um cansativo dia de trabalho, Johnny Storm precisa aquecer água de um rio até a fervura para preparar um bom café. Imagine que o processo de combustão se dê pela queima de um gás gerado em seu corpo. Quantos gramas de seu gás inflamável o Tocha Humana precisa gastar para iniciar a fervura de um litro (1 L) de água pura, inicialmente a 25°C (ao nível do mar), admitindo-se que a porcentagem de perda de calor de combustão para a atmosfera é de cerca de 10%?
Dados:

- Ponto de ebulição da água = 100 °C
- Calor de combustão do "gás do Tocha" = 8.333 kcal/kg
- Calor específico da água = 1 cal/g°C
- Densidade da água = 1 g/cm^3

118. Para tentar compreender uma misteriosa oscilação na temperatura superficial do Sol, Reed Richards pede a Johnny Storm para que ele se inflame o mais próximo possível dessa temperatura, em um ambiente controlado. Para isso, precisamos conhecer a temperatura superficial de nosso astro-rei.

Sabe-se que a superfície da Terra recebe, na região equatorial (incidência perpendicular de radiação solar), 0,16 J de energia irradiada por segundo, sobre uma área de 1 cm^2. Assumindo que o raio do Sol (R) é de 7.10^8 m e que a distância (D) entre o Sol e a Terra é de $1{,}5.10^{11}$ m, determine a temperatura do Sol, admitindo que ele se comporte como um corpo negro.

Notas:

Corpo negro: sistema físico que, sob equilíbrio termodinâmico, possui a máxima capacidade de emitir e absorver radiação.

Lei de Stefan-Boltzmann: estabelece que a irradiância (I) emitida por um corpo negro é diretamente proporcional à quarta potência da temperatura absoluta dele, por um fator $\sigma = 5{,}67051.10^{-12}$ $W.cm^{-2}.K^{-4}$. Portanto, $\mathbf{I = \sigma T^4}$.

Fluxo radiante (F): quantidade de energia por unidade de tempo que atravessa uma superfície.

Irradiância (I): fluxo que atravessa uma superfície por unidade de área dela.

O texto a seguir se refere às questões de 119 a 123.

"Pela união de seus poderes, eu sou o Capitão Planeta!"

Na década de 1990, surge um novo super-herói, o Capitão Planeta, cuja principal missão era livrar o mundo de vilões que destruíam a natureza. O Capitão Planeta surge após a combinação dos poderes de cinco jovens protetores. Cada jovem tem domínio sobre um elemento (terra, fogo, vento, água e coração) e representa um diferente continente. A animação

discute, entre outros temas, a preservação do planeta e, vez por outra, traz questões científicas do cotidiano.

119. (Adaptado – UFTPR) Um dos episódios de Capitão Planeta abordou o funcionamento de uma usina nuclear. Suponhamos que a usina apresentada nesse episódio utilize como fonte de energia um reator nuclear de água pressurizada. A potência térmica gerada no núcleo do reator é de 3.400 MW, e a usina é capaz de gerar 1.100 MW de eletricidade. Utilizam-se como combustível nesse processo 86 toneladas de urânio enriquecido a 3% em ^{235}U.

a) Qual é a eficiência da usina?

b) Qual é a taxa em que ocorrem eventos de fissão no núcleo do reator?

c) Admitindo que, para cada 4 átomos de ^{235}U fissionados, 1 absorva nêutrons convertendo-se em ^{236}U e não sofra fissão, qual seria o consumo diário de ^{235}U na usina?

d) Considerando esse consumo, por quanto tempo o suprimento de urânio seria suficiente?

120. (Adaptado – UFSM) Um dos inimigos diretos do Capitão Planeta e os protetores é o Dr. Duke Nukem, um indivíduo cujo corpo é revestido com pedras radioativas douradas. Ele usa trajes de turista havaiano e busca sempre se expor a banhos de radiação, em uma analogia

ao tradicional banho de sol. Tal exposição, de alguma forma, torna-o mais forte. Em um dos episódios, Dr. Nukem fica sabendo de um vazamento em uma usina nuclear e comemora a oportunidade de expor-se à radiação gama proveniente do acidente.

Sobre os tipos de emissão radioativa, relacione-as corretamente às suas características:

I – Emissão alfa.

II – Emissão beta.

III – Emissão gama.

( ) Partículas negativas, emissão em alta velocidade e poder médio de penetração na matéria.

( ) Partículas positivas, radiação lenta e pequeno poder de penetração na matéria.

( ) Ondas eletromagnéticas, não apresentam carga e possuem maior poder de penetração na matéria.

121. (Adaptado – Halliday/Resnick) Na sequência, o episódio apresenta os protetores preocupados com as consequências decorrentes da contaminação pela radiação. Eles apontam para o problema de a radioatividade não poder ser vista ou sentida antes que seja tarde demais. Nesse ponto, Kwame, cujo poder provém do elemento terra, apresenta aos amigos o contador Geiger, aparelho usado para detectar radiação ionizante (radiação com energia suficiente para ionizar átomos). O

aparelho é constituído basicamente de um tubo cilíndrico sensível à radiação, contendo um gás em seu interior, conectado a uma bateria. Quando a radiação entra no cilindro, arranca elétrons das moléculas do gás e estes colidem com outras moléculas, dando origem a uma "cadeia de ionização", antes de serem atraídos para um filamento, carregado positivamente, disposto ao longo do cilindro. Quando isso ocorre, há uma variação da tensão gerando um sinal da passagem da radiação.

Supondo que o fio central do contador Geiger tenha um raio de 25 μm, o cilindro tenha um raio interno de 1,4 cm e um comprimento de 16 cm, e sendo o campo elétrico na superfície interna do cilindro igual a $2{,}9 \times 10^4$ N/C, qual é a carga positiva do fio central?

Dado: constante de permissividade elétrica (ε_0) = $8{,}85 \times 10^{-12} C^2/N.m^2$.

122. Basicamente, o processo de fissão nuclear ocorre quando um elemento pesado é dividido em outros dois elementos mais leves. Como consequência, ocorre grande liberação de energia. Tal processo é lembrado quando Dr. Duke retira uma barra de controle que permite regular a potência do reator e sugere o aumento das fissões. Na história recente, podemos lembrar o conhecido acidente na usina nuclear de

Chernobyl, que, *grosso modo*, foi consequência da busca pelo rápido aumento da potência do núcleo do reator pela equivocada remoção dessas barras.

De acordo com a equação de Einstein, a quantidade de energia obtida no processo de fissão nuclear é equivalente à energia de repouso da matéria. Se, em uma reação de fissão nuclear, 1 g de urânio fosse fissionado, qual seria a quantidade de energia liberada?

Dados: $c = 3x10^8\ m/s^2$.

a) $4{,}5x10^8\ J$
b) $3x10^8\ J$
c) $9x10^{16}\ J$
d) $3x10^{16}\ J$
e) $9x10^{13}\ J$
f)

123. Após um período de exposição à radiação, Duke Nukem afirma estar pronto para provocar uma fusão que levará usina e região para os ares. Como último recurso, o Capitão Planeta decide lançar a usina ao Sol para que queime de forma segura longe da Terra. Para tal feito, ele necessita que ela adquira velocidade suficiente para escapar da gravidade da Terra. Calcule a velocidade de escape sabendo que esta não depende da massa do corpo lançado, mas sim da massa do planeta (não o Capitão). Desconsidere a resistência do ar.

Dados:

Constante de gravitação universal = $6{,}67x10^{-11}\ Nm^2/kg^2$.

Raio da Terra = $6{,}378x10^6$ m.

Massa da Terra = $5{,}976x10^{24}$ kg.

124. (Adaptado – Conexões com a Física) Fortão (Strong Guy) é o pseudônimo de Guido Carosella, mais um dos super-heróis da Marvel Comics que surgiu na década de 1980. Magro e tímido, Guido teve seus poderes mutantes acionados ao ser atropelado por um ônibus, que deixou seu corpo desproporcionalmente grande e musculoso. Na ficha do personagem, ele é ap dos astros mutantes, e seus poderes estão relacionados à capacidade de absorver energia cinética e usá-la para aumentar sua força física acima dos limites normais (capaz de levantar até 100 toneladas). A partir de seus conhecimentos de Física, responda:

a) Guido poderia, de fato, absorver energia cinética? De que maneira?

b) A ampliação da força é uma consequência da absorção de energia cinética? Por quê?

125. (Adaptado – UNIRIO) Um cinegrafista tentando captar imagens dos integrantes do Quarteto Fantástico em um recinto completamente escuro, iluminou-os incidindo sobre eles um feixe de luz amarela monocromática. Quando o cinegrafista assistiu ao vídeo gravado, os uniformes apareceram com as cores:

a) Verde e amarela.
b) Verde e branca.
c) Preta e branca.
d) Preta e amarela.

126. (Adaptado – FAAP) Diana Prince, a Mulher-Maravilha, foi criada na Era de Ouro dos quadrinhos, junto com Batman e Super-Homem, e se tornou um sinônimo de mulher poderosa. Representada como atleta, acrobata, lutadora e estrategista, formada e experiente em muitos tipos de combate armado e desarmado, tem como poderes principais superforça,

agilidade sobre-humana, durabilidade extrema, fator de cura regenerativa, sentidos aprimorados, sabedoria divina, entre outros.

Durante um ataque, a heroína se defende lançando seu escudo em direção a seu oponente. Estimando que o arremesso foi feito com velocidade de 72 km/h, formando um ângulo de 30º com a horizontal, qual é a altura máxima atingida pelo escudo nesse lançamento? Despreze a resistência do ar.

Dados: $g = 10\ m/s^2$.

a) 5 metros
b) 10 metros
c) 12,5 metros
d) 15 metros
e) 24 metros

127. (Adaptado – UFPel) A Mulher-Maravilha, exercitando-se em uma bicicleta ergométrica, exatamente sob uma lâmpada acesa, pedala a uma velocidade angular constante.

Um estudante de Física observa atento o movimento da sombra do pedal da bicicleta no chão da academia e chega à conclusão de que o movimento apresentado pela sombra é:

a) Retilíneo uniforme.

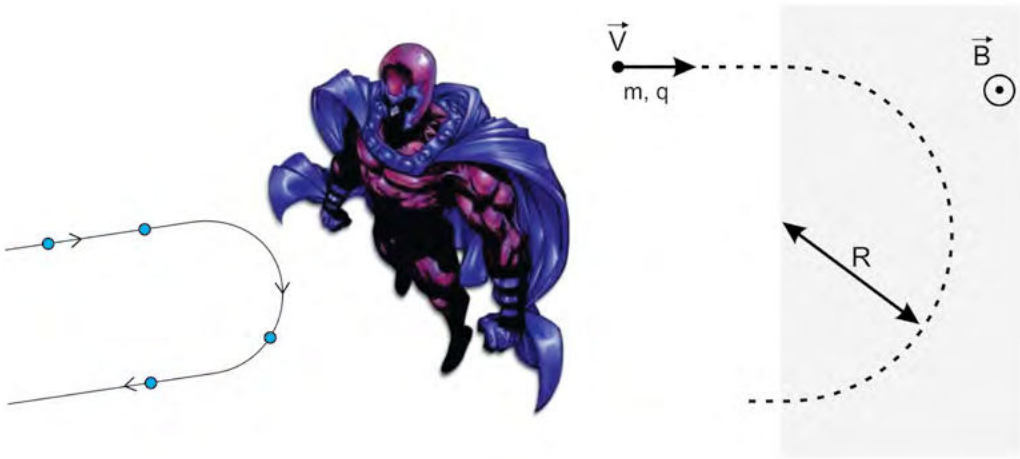
b) Circular uniforme.

c) Harmônico simples.

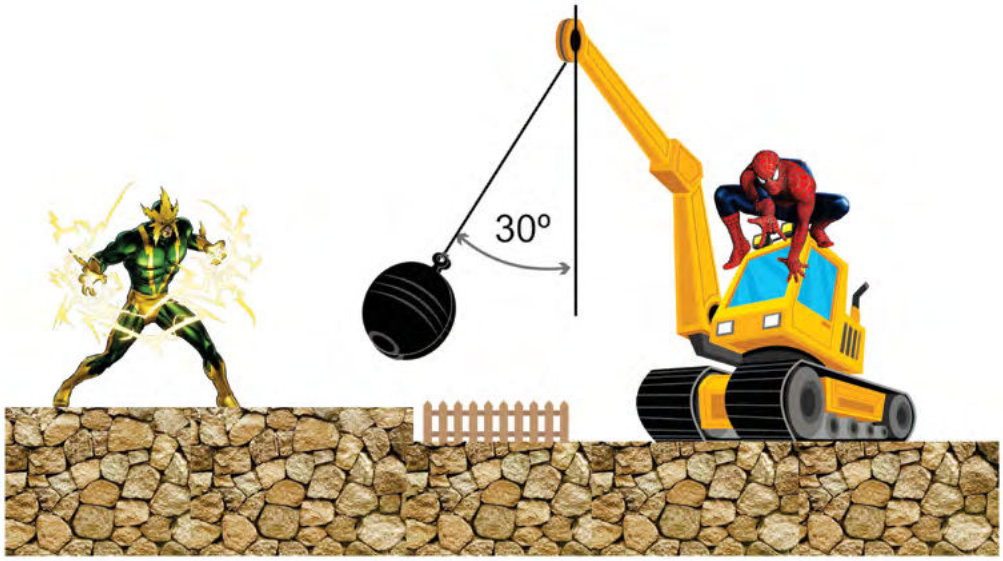
d) Retilíneo uniformemente acelerado.

e) De queda livre.

128. Durante uma batalha, Magneto foi alvejado por partículas de carga $q = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C, que viajavam com velocidade de módulo $V = 3{,}2 \times 10^{5}$ m/s. Para se defender, criou um campo magnético uniforme de módulo B = 4 T e perpendicular ao plano dos projéteis, conforme o esquema a seguir. As partículas foram então desviadas pelo campo magnético, por meio da trajetória circular de raio R = 50 cm. Sabendo que a força centrípeta é dada pela Força Magnética de Lorentz, cujo módulo vale F = qVB, calcule a massa das partículas.



129. Electro, alter ego de Maxwell Dillon, é um vilão do Homem-Aranha que aparece nas histórias em quadrinhos publicadas pela Marvel Comics. Ele ganhou a habilidade de controlar a eletricidade depois de ser atingido por um raio enquanto trabalhava em uma linha de energia.



Em um feito incrível, o Homem-Aranha conseguiu atrair uma bola de ferro de massa m = 200 kg e carga elétrica q = 5 C em 30° em relação à vertical, conforme a figura. Sabendo que ele criou um campo elétrico horizontal, encontre:

a) A força elétrica aplicada na bola.
b) O campo elétrico criado por Dillon.
c) A tração no cabo que sustenta a bola.

130. Pepe Legal, personagem de um antigo desenho animado, era um cavalo "herói" do Novo México (EUA), bastante desastrado e, portanto, inapto para exercer o cargo de xerife. Em alguns episódios da série, Pepe Legal também assumia a identidade secreta do vigilante mascarado conhecido como El Kabong, que era, evidentemente, uma paródia ao mascarado Zorro. El Kabong atacava os seus inimigos com seu violão e dava o seu grito de guerra onomatopaico "KABOOOOOONG!".

Em seu uso normal, o violão é um instrumento musical normalmente feito em madeira, composto basicamente de 6 cordas sobre um "braço", que, ao serem percutidas (tocadas), emitem cada uma delas uma nota musical, além de uma caixa de ressonância cuja função é amplificar o volume sonoro das notas tocadas.

A 5ª corda do violão, a corda Lá (A), possui frequência fundamental de 440 Hz quando está solta, ou seja, sem apertar a corda em nenhum lugar sobre o braço do violão. Considerando que o comprimento dessa corda é de 60 cm, qual é a velocidade de propagação da onda nessa corda?

131. Famosa na década de 1970, a Série de TV "Cyborg, o Homem de Seis Milhões de Dólares", teve origem a partir da história de Steve Austin, interpretado pelo ator Lee Majors, um ex-astronauta americano que sofreu um sério acidente aéreo e, para sobreviver, foi submetido a uma cirurgia de reconstrução em que recebeu implantes biônicos no braço

direito, nas duas pernas e no olho esquerdo, ganhando uma força descomunal, a capacidade de correr a 97 km/h e uma visão com alcance 20 vezes maior, além de funções infravermelhas.

a) Cyborg visualiza o inimigo a ser capturado almoçando no interior de um restaurante a 2 km de distância. Considerando sua velocidade de corrida acima da média dos humanos não biônicos, quanto tempo ele levará para chegar até esse inimigo?

b) O maior atleta dos últimos tempos do atletismo, Usain Bolt, correu 100 m em 9,58 s e estabeleceu o recorde mundial. Quanto tempo Usain Bolt levaria para chegar até esse inimigo caso partisse do mesmo lugar que o Cyborg?

c) Qual é a principal característica da visão infravermelha que a torna uma vantagem em espionagem ou perseguição a criminosos?

132. (Adaptado – UNICAMP) Benjamin Kirby Tennyson é um garoto de 10 anos de idade que usa um dispositivo extraterrestre em formato de relógio de pulso, chamado Omnitrix, que permite a ele se transformar em 10 diferentes espécies alienígenas. Esse é o Ben 10.

Um dos alienígenas mais importantes de seu repertório é o Arraia a Jato. Ele possui a mesma altura de Ben, sem contar os chifres em sua testa. Ele pode se mover na velocidade do som, como mostrado em alguns episódios, além de manipular os neurochoques, disparando rajadas de sua cauda ou dos olhos, e nadar em velocidade supersônica.

Admita que a diferença de pressão entre as partes de baixo e de cima da asa de Arraia a Jato seja dada por:

$$\Delta P = \frac{\rho V^2}{2}$$

Em que ρ é a densidade do ar $\rho = 1{,}2\ kg/m^3$ e V é a velocidade do Arraia em relação ao ar. Considere que a área superficial do Arraia a Jato seja de 1,5 m^2.

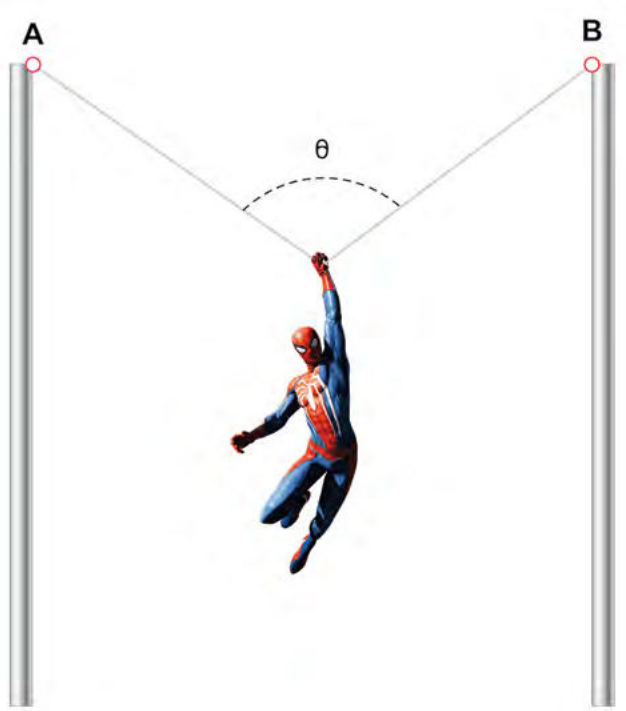
a) Qual é a diferença de pressão ΔP para que Arraia consiga alçar voo, sabendo que ele possui massa de 90 kg?

b) Qual é a velocidade do Arraia na situação do item anterior?

133. Em 1964, aparecia nas telinhas da rede de televisão NBC um herói tão poderoso quanto o Super-Homem, mas que tinha uma diferença fundamental: ele era um cachorro. O desenho "O Vira-Lata" (*Underdog*) alcançou um grande sucesso em todo mundo por apresentar aventuras cheias de ação e muito bem-humoradas. Quando ele ouvia o pedido de socorro da sua namorada, a doce repórter de TV Polly Puro-Sangue, partia para uma cabine telefônica de onde surgia já como o Vira-Lata. Um ser humano normal percebe sons com frequências variando entre 20 Hz e 20.000 Hz, e os cachorros ouvem em uma faixa de frequência diferente, que vai de 15 Hz a 50 kHz. Portanto, o Vira-Lata podia ouvir pedidos de socorro que o ser humano não era capaz de ouvir.

Perturbações longitudinais que se propagam através de um meio, semelhantes ao som, mas com frequências maiores que 20.000 Hz, são chamadas de ultrassom. Na Medicina, o ultrassom de frequência entre 1,0 MHz e 10 MHz é empregado para examinar a forma e o movimento dos órgãos dentro do corpo. Admitindo que a velocidade de sua propagação nos tecidos do corpo humano é de aproximadamente 1,5 km/s, calcule o menor e o maior comprimento de onda empregados nesse exame.

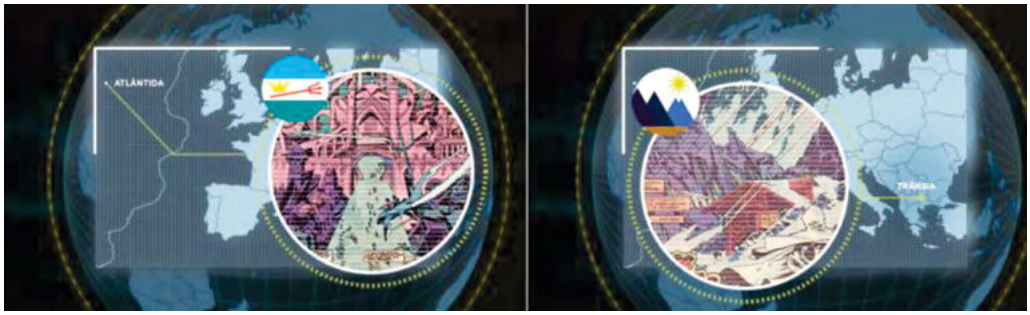
134. (Adaptado – UERJ) O Homem-Aranha, pendurado em uma corda ideal, em um ponto equidistante de dois postes de apoio *A* e *B*, a determinada altura do solo, forma um ângulo $\theta = 120^{o}$. Qual é a razão $\left(\frac{T}{P}\right)$ entre as intensidades da tensão na corda e do peso do Homem-Aranha?



135. (Adaptado – Unifor-CE) Goten, segundo filho de Goku na série Dragon Ball, desce por um escorregador com 2 m de altura, chegando ao chão com velocidade de 6 m/s. Visto que o pequeno guerreiro declarou ter 6 anos de idade, assumimos que sua

massa seja de 20 kg. Se o módulo da aceleração da gravidade local é de 10 m/s², qual é a energia mecânica dissipada, em Joules?

136. (Adaptado – PUC-SP) Ao estudar a pressão em fluidos, pensando na vasta quantidade de cidades fictícias do universo dos super-heróis, observa-se que a variação da pressão nas águas da civilização de Atlântida é proporcional à profundidade *h*. Porém, a variação da pressão atmosférica, quando se sobe as montanhas elevadas, como a Montanha Wundagore, em Trânsia, não é exatamente proporcional à altura.



Isso se deve ao fato de:

a) A aceleração gravitacional variar mais na água que no ar.
b) A aceleração gravitacional variar mais no ar que na água.
c) O ar possuir baixa viscosidade.
d) O ar possuir baixa densidade.
e) O ar ser compressível.

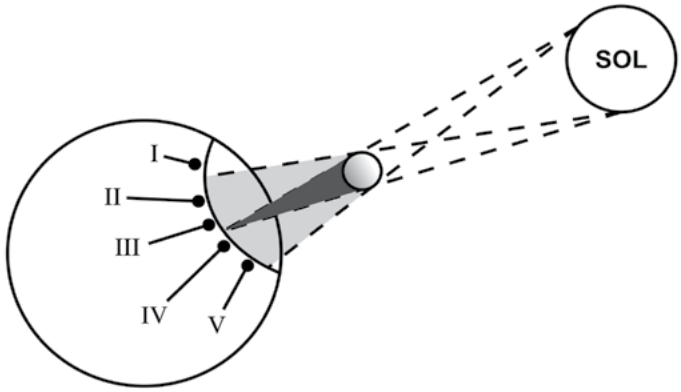
O texto a seguir se refere às questões 137 e 138

A edição nº 145 da revista em quadrinhos do Super-Homem apresenta o super-herói em uma luta intensa com diversas atrações

monstruosas do Circo Interplanetário. Após tentar, em vão, conter os espinhos lançados por uma criatura apresentada como Cacto Humano, o Super-Homem recebe a explicação de que, assim que libera um tiro de espinhos, estes são repostos imediatamente por outros, como um "presente do Sol". Foi então que, durante um longo confronto, o Homem de Aço pensou um pouco e percebeu que, sem a energia solar, não há vida vegetal. Decidiu, assim, provocar um eclipse solar artificial, bloqueando a fonte de energia que nutria o monstro.

137. (Adaptado – ENEM) Enquanto isso, longe e perto dali, espantadas com o eclipse que não estava previsto, muitas pessoas pararam para observar e fotografar o fenômeno. Entre elas, três observadores

Tendo como base o diagrama do eclipse solar provocado pelo Super-Homem apresentado a seguir, é provável que os observadores estivessem nas regiões:



a) III, V e II.

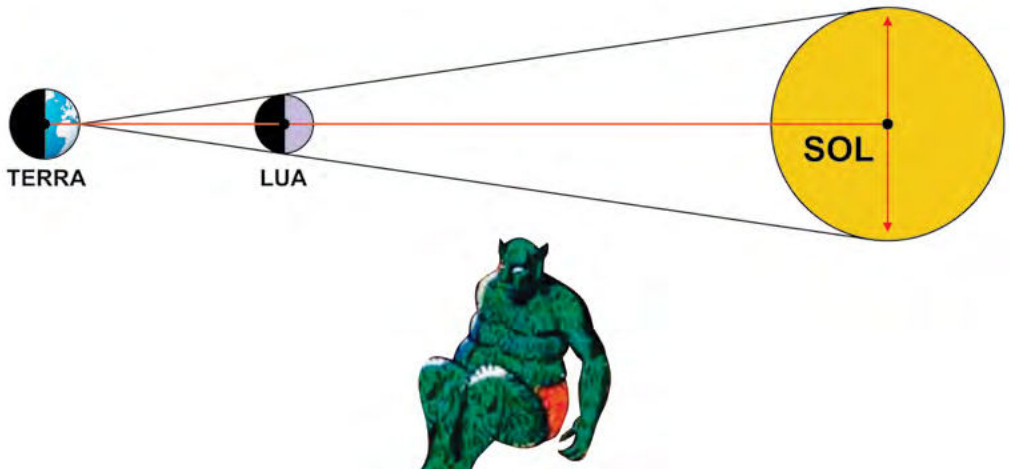
b) II, III e V.

c) II, IV e III.

d) I, II e III.

e) I, II e V.

138. (Adaptado – UFRJ) Ao ser surpreendido pelo eclipse provocado pelo Super-Homem, o Cacto Humano observou, do ponto *P*, o disco da Lua encobrindo exatamente o disco do Sol.



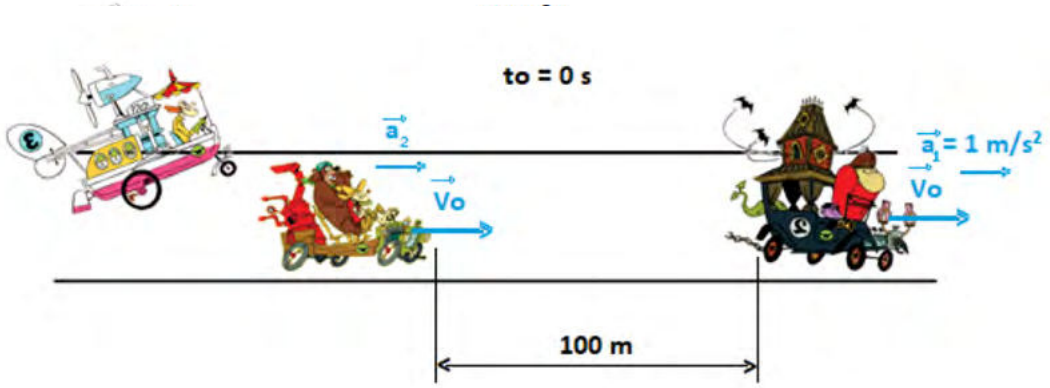
Sabendo que a razão entre o raio do Sol e o raio da Lua é $4x10^2$, que a distância do ponto *P* ao centro da Lua é $3{,}75x10^5$ km e considerando a

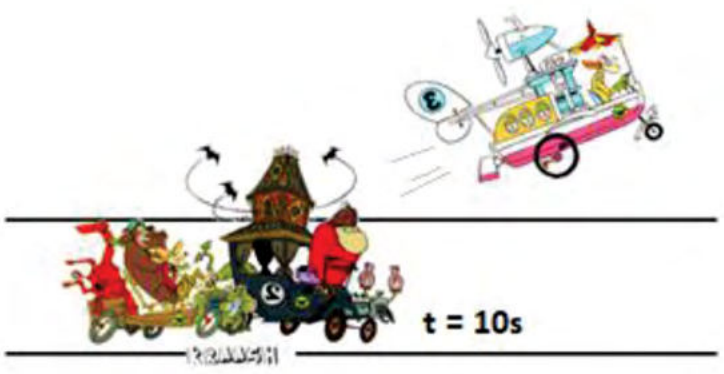
propagação retilínea da luz, calcule a distância entre Cacto Humano e o centro do Sol. (Nota: imagem sem escala).

O texto a seguir se refere às questões de 139 a 141

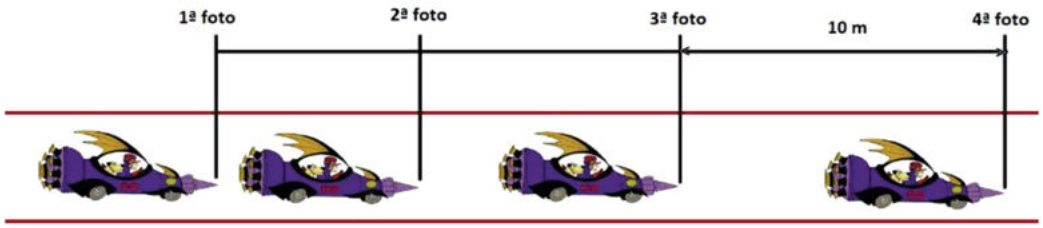
Corrida Maluca é uma série de desenho animado produzida pela Hanna-Barbera, no final dos anos 1960, rendendo 34 episódios. Os competidores buscavam o título de "Corredor Mais Louco do Mundo".

139. No grande prêmio de Hanover da Corrida Maluca, 10 segundos antes do Cupê Mal Assombrado e da Carroça a Vapor do Tio Tomás colidirem, a distância entre eles era de 100 m. Supondo que, nesse instante, as velocidades de ambos fossem iguais e que o Tio Tomás, que vinha na frente, mantivesse uma aceleração constante de 1 m/s², qual seria a aceleração desenvolvida pelo Cupê Mal Assombrado nesse intervalo de tempo?





140. (Adaptado – Simulado Poliedro) Durante uma das largadas da Corrida Maluca, o carro de número 00, dos vilões Dick Vigarista e seu cãozinho Muttley, é fotografado por uma máquina fotográfica que tira fotos sequenciais com intervalos de tempo Δt. A figura a seguir mostra as fotos que foram tiradas desde o momento em que o carro 00 acelerou partindo do repouso.

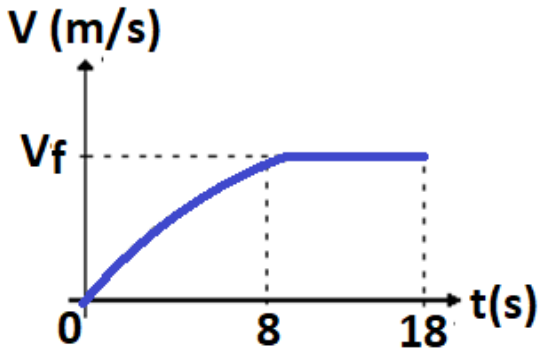


Considere a aceleração do carro 00 igual a 10 m/s². Qual é o intervalo de tempo Δt característico da máquina?

141. Durante uma das magníficas corridas malucas, Peter Perfeito e Penélope Charmosa se encontram distantes entre si em 300 m e se aproximam um do outro com velocidades respectivamente iguais a V_{Peter} = 10 m/s e $V_{Penélope}$ = 10 m/s. No instante da partida, uma mosca que voa com velocidade constante de 15 m/s parte do carro de Peter em direção ao carro da Penélope Charmosa, bate no carro dela, retorna para

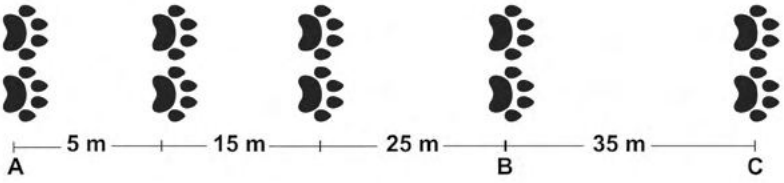
o carro dele e, assim, sucessivamente até ser esmagada pela colisão entre os dois carros. Calcule a distância total percorrida pela mosca, nesse vai e vem, desde o instante de partida até ser esmagada.

142. (Adaptado – UNICAMP) A Família Pêra se tornou uma das mais queridas pelos fãs de super-heróis. Quando eles vestem seus uniformes vermelho e preto, tornam-se "Os Incríveis"! O segundo filho, Flecha, é extremamente veloz. Participando de uma corrida com amigos na escola, mas sem chamar muita atenção, percorre 200 m em 18 segundos. A figura a seguir mostra aproximadamente como varia a velocidade de Flecha em função do tempo nesse trajeto de 200 m. A partir do gráfico, proponha um valor razoável para a velocidade final de Flecha (Vf).

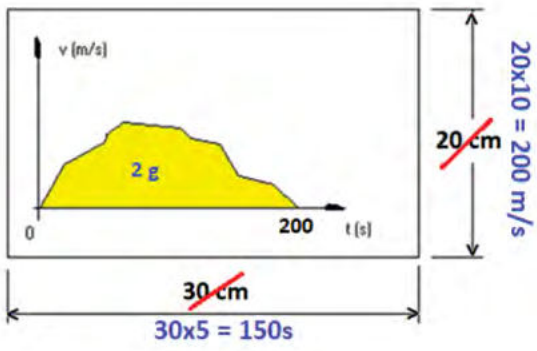


143. (Adaptado – CFTCE) Mutano é um herói do universo da Editora DC Comics e um dos heróis dos Jovens Titãs. Ele pode se transformar em qualquer animal existente ou que já existiu (dinossauros, por exemplo), mas qualquer animal em que se transforme é verde. Para atacar rapidamente um vilão, Mutano se transformou em um leopardo e, partindo do repouso, desferiu uma investida poderosa contra seu oponente.

A figura a seguir representa, fora de escala, as marcas das patas traseiras de Mutano, com intervalo de 1 segundo entre elas. Calcule a velocidade de Mutano no ponto C da trajetória.



144. Dexter é um menino prodígio que possui um imenso laboratório secreto conectado ao seu quarto. Em um de seus experimentos cotidianos, Dexter desenhou em um cartão retangular de 20 cm por 30 cm um gráfico da velocidade escalar de um pequeno robô em função do tempo e assinalou a área sob o gráfico, conforme ilustra a figura.



O cartão era homogêneo, de espessura constante, e sua massa valia 12 g. Em seguida, Dexter recortou a área assinalada e mediu sua massa, encontrando um valor de 2.000 mg. As escalas adotadas são:

- No eixo das velocidades: 1 cm ↔ 10 m/s.
- No eixo dos tempos: 1 cm ↔ 5 s.

Podemos afirmar que a velocidade média do robô, no intervalo de 0 a 200 s, vale, no SI:

a) 5

b) 10

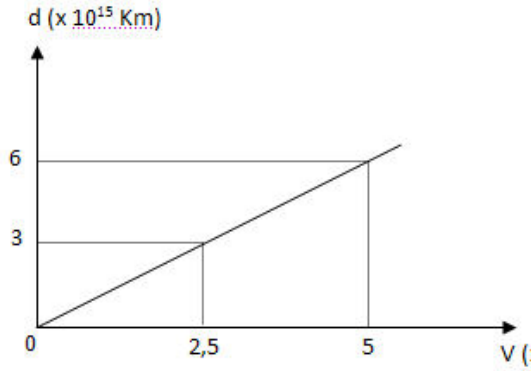
c) 15

d) 20

e) 25

145. No ano de 1924, o astrônomo norte-americano Edwin Hubble demonstrou que nossa galáxia não era a única. Havia, na verdade, muitas outras (cerca de 400 bilhões), intercaladas por trechos imensos de espaço vazio. Hubble então decidiu medir as distâncias que separam as galáxias (relacionando seu brilho com sua distância) e as velocidades com que essas galáxias se afastam umas das outras (Efeito Doppler), observando que, quanto mais distantes as galáxias se encontram, mais rápidas elas se afastam. Essa confirmação veio dar origem à famosa Teoria do Big Bang (Friedmann). Essa descoberta constituiu uma das grandes revoluções intelectuais do século XX. Hubble então construiu um gráfico de Distâncias x Velocidades para diferentes galáxias, conforme indicado a seguir.

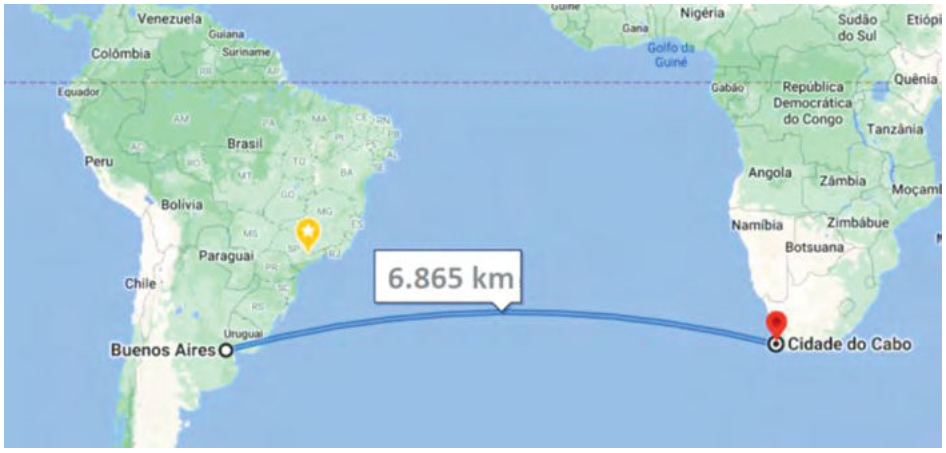
James Isaac Neutron (Jimmy Neutron) é um menino gênio que tem alguns problemas de adaptação a seus colegas de sala. Ele inventa um monte de coisas e, sempre que tem uma ideia genial, fala: "Ideias a mil!". Jimmy decidiu analisar esse gráfico. Considerando que a Teoria do Big Bang esteja correta, ou seja, que, no início de nosso universo, todas as galáxias estavam juntas (d = 0) na época da explosão, de acordo com o gráfico, Jimmy encontrou a idade de nosso universo como sendo:



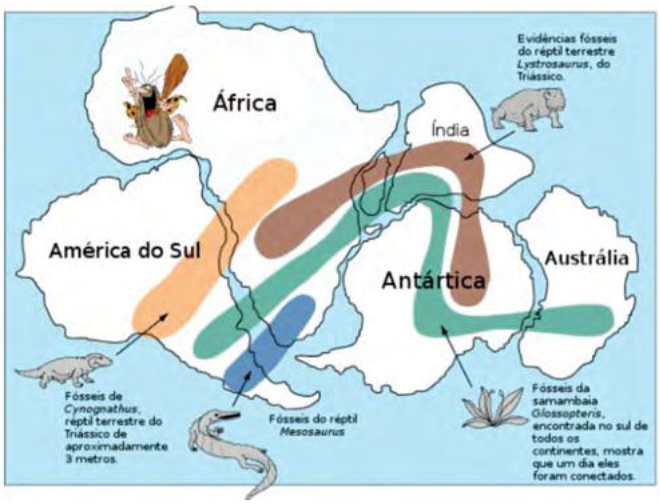
a) 4,5 bilhões de anos.
b) 12 bilhões de anos.
c) 15 bilhões de anos.
d) 18 bilhões de anos.
e) 20 bilhões de anos.

146. (Adaptado – UFRJ) Capitão Caverna não nasceu na América, Ásia, Europa, África ou Oceania. Caverna nasceu na Pangeia. um supercontinente que reunia todos os continentes atuais. Por causa de processos geológicos, a Pangeia foi se separando, dando origem aos

continentes atuais. Naquela época, por exemplo, Buenos Aires (Argentina) era vizinha da Cidade do Cabo (África do Sul).

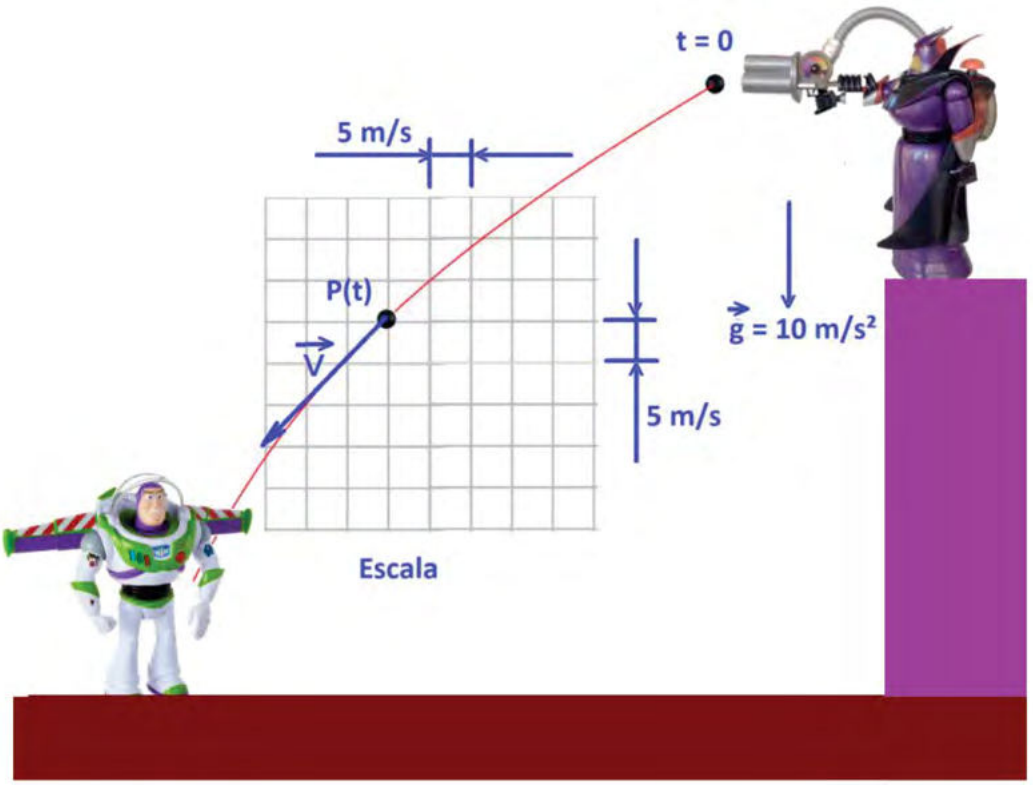


Estimativas apontam que, há 120 milhões de anos, essas duas cidades estavam juntas e hoje a distância entre elas é de aproximadamente 6.800 km. Calcule a velocidade média de afastamento entre a África e a América do Sul em centímetros por ano.



147. O vilão Zurg lança "bolinhas de energia", em sentido horizontal, do alto de um penhasco com velocidade Vo contra nosso herói, Buzz Lightyear. A figura a seguir mostra a velocidade v das bolinhas no ponto

P da trajetória, t segundos após o lançamento. Na escala utilizada para representar esse vetor, as linhas verticais do quadriculado são paralelas à direção do vetor aceleração da gravidade g e cada quadrado equivale a 5 m/s de velocidade, em ambos os eixos. Considerando g = 10 m/s² e desprezando a resistência oferecida pelo ar, determine o módulo de Vo das bolinhas de energia e o instante t em que a bolinha passa pelo ponto P.



O texto a seguir se refere às questões de 148 a 151

X-Men

Entre os muitos mutantes da franquia X-Men, existem aqueles com poderes tão grandes que são considerados praticamente insuperáveis. Esses mutantes são chamados "Ômega" quanto a esses poderes. Alguns exemplos importantes de mutantes com mutações nível ômega são Ororo Munroe, a Tempestade, Bobby Drake, o Homem de Gelo, e Erik Lehnsherr, o Magneto.

Tempestade consegue controlar o clima e seus efeitos, produzindo alterações atmosféricas e quaisquer efeitos originados por ela. O Homem de Gelo é capaz de reduzir o movimento molecular e, assim, baixar a temperatura de materiais, do ambiente e de seu próprio corpo em níveis assombrosos. Magneto pode criar e controlar campos magnéticos e com isso controlar à vontade e com precisão fenômenos e materiais diversos da natureza.

Outros mutantes, embora poderosos, possuem algumas limitações para seus poderes, e por isso não são considerados mutantes Ômega. Um exemplo é Scott Summers, o Ciclope, que lança poderosas rajadas *laser* de seus olhos, mas sua limitação está em não poder controlar ou desligar esse poder, precisando de um visor especial para controlar a destruição provocada por ele.

148. Ororo, a Tempestade, eleva-se aos céus durante um ferrenho combate contra Magneto, invoca nuvens de tempestade e lança um poderoso relâmpago contra o adversário. Para evitar a eletrocussão, Magneto pensa rapidamente em alternativas:

I) Magneto poderia mudar o caminho da corrente elétrica gerando um campo magnético que varia no tempo.

II) Magneto poderia usar uma torre de transmissão metálica para aterrar a descarga elétrica.

III) Os poderes de Magneto não permitem afetar a descarga elétrica, pois elétrons não apresentam componente magnético.

Escolha a alternativa correta e explique sua resposta com base nas propriedades dos elétrons e nas leis de Maxwell:

a) apenas I está correta.

b) apenas II está correta.

c) apenas III está correta.

d) apenas I e II estão corretas.

e) apenas II e III estão corretas.

149. Magneto poderia gerar correntes elétricas como as de Tempestade com seu poder? Como seria possível?

150. Magneto se aproveita de uma distração e consegue arremessar um carro contra Ororo, desacordando a heroína. O Homem de Gelo fica enfurecido ao ver Tempestade cair e lança um ataque violento contra Magneto: ele concentra a umidade do ar em muitas lâminas de gelo e as arremessa contra Magneto. Sabendo que a água é um material diamagnético, se Erik gerar um campo magnético no sentido contrário ao de deslocamento das lâminas dirigidas a ele, como o movimento delas será afetado? Escolha a alternativa e a explique.

a) As lâminas serão repelidas na direção contrária, voltando na direção do Homem de Gelo.
b) As lâminas serão aceleradas na direção de Magneto ("oops!").
c) As lâminas de gelo não podem ser afetadas pelo campo magnético gerado por causa da temperatura (0ºC).
d) Na forma de gelo, a água não possui propriedades diamagnéticas.

151. Concentrado no Homem de Gelo, Magneto não percebe que Ciclope chega para ajudar seus aliados X-Men. Com uma rajada *laser*, Scott pega Erik desprevenido, nocauteando-o. Se Erik tivesse visto o

ataque de Ciclope a tempo, seria possível que ele encontrasse uma forma de neutralizar as rajadas *laser* emitidas pelos olhos de Ciclope apenas usando seu controle sobre campos magnéticos? Partindo das equações de Maxwell, explique sua resposta.

A Física ajudando pessoas com deficiência, mesmo que elas sejam "Super"!

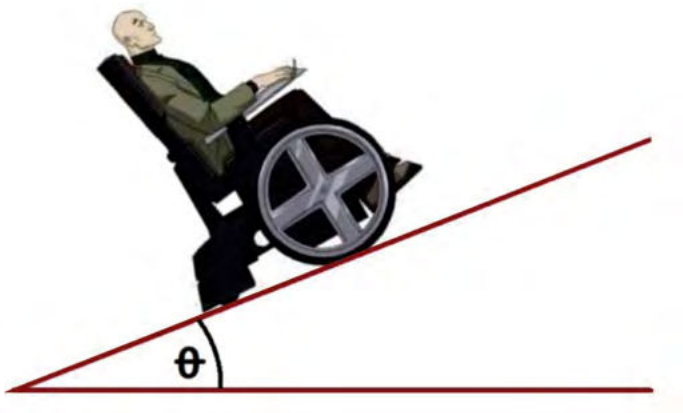
"Se alguém precisa de ajuda e você pode ajudar, tem a obrigação de fazer isso. Com grandes poderes vêm grandes responsabilidades"

Tio Ben Parker

Dados da OMS indicam que cerca de 1 bilhão de pessoas em todo o mundo têm alguma necessidade especial. Buscamos aqui chamar a atenção para a necessidade de tratar desses assuntos com maior frequência dentro da Educação Básica.

152. Charles Francis Xavier, conhecido como Professor X, é um personagem de quadrinhos da série X-Men, criado por Stan Lee e Jack Kirby, aparecendo pela primeira vez em 1963. Foi considerado um dos mais poderosos psíquicos do universo Marvel. Mentor dos X-Men, ele sonha com a convivência pacífica entre humanos e mutantes. Apesar de seus incríveis poderes, Prof. Xavier perdeu o movimento das pernas e passou a se locomover com uma cadeira de rodas.

Como outras pessoas com deficiência, Charles depende de uma arquitetura urbana que propicie sua acessibilidade. Um dos projetos mais comuns para acessibilidade de cadeirantes é a rampa de acesso. Além de proporcionar o acesso a ambientes mais elevados, a rampa deve manter uma inclinação que não necessite de tanto esforço dos braços e que mantenha um atrito considerável entre as rodas e o plano para que a cadeira não patine. A Física é essencial nesse estudo.



Considere uma rampa com inclinação θ, em que $\text{sen}\theta = 0{,}6$ e $\cos\theta = 0{,}8$. Qual é o menor coeficiente de atrito estático (μ) entre as rodas e o plano para que a cadeira de rodas não patine, ou seja, tenha aderência para conseguir subir?

153. Poucos sabem, mas o Gavião Arqueiro sofre de deficiência auditiva severa. O herói teve sua audição lesionada em uma de suas aventuras, que foi se agravando com o passar do tempo, a ponto de precisar de um implante coclear, conhecido popularmente como "ouvido biônico". O implante coclear é um dispositivo eletrônico capaz de substituir as funções das células do ouvido interno de pessoas com surdez profunda que não são beneficiadas pelo uso de aparelhos auditivos. É um equipamento implantado cirurgicamente na orelha que tem a função de estimular o nervo auditivo e recriar as sensações sonoras. A Física é essencial para garantir a qualidade de vida

de portadores desse tipo de necessidade especial. A figura a seguir mostra o funcionamento de um implante desse tipo.

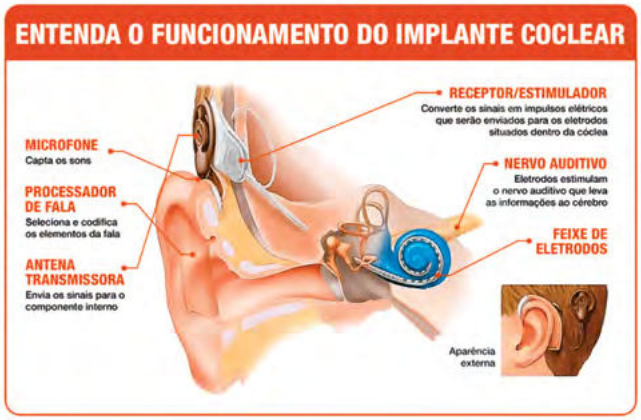


Fig. Funcionamento do implante coclear.

Fonte: https://www.direitodeouvir.com.br/blog/implante-coclear

Uma pessoa com audição perfeita é capaz de ouvir sons com frequências entre 20 Hz (muito grave) e 20.000 Hz (muito agudo). Adotando a velocidade do som no ar como sendo 340 m/s, qual faixa de comprimentos de onda ela é capaz de ouvir?

154. Demolidor é um personagem das histórias em quadrinhos publicadas pela Marvel Comics. Foi criado pelo escritor/editor Stan Lee e pelo artista Bill Everett. O Demolidor apareceu pela primeira vez em 1964 e é conhecido como "O Homem Sem Medo". Ainda quando criança, Matthew "Matt" Murdock salva um homem de

idade de um caminhão em movimento que continha uma carga radioativa. Como consequência do acidente, a carga começa a vazar do caminhão, cegando Murdock.

Ao perder sua visão, seus outros sentidos ficam mais aguçados. O ouvido e o cérebro do Demolidor funcionam como uma espécie de receptor aprimorado de ondas sonoras, recebendo, assim, as informações ao seu redor e podendo isolar uma delas quando ele se concentra.

No filme de 2003, Murdock consegue "enxergar" Elektra quando começa a chover. O som da água batendo em seu corpo funciona como uma espécie de geolocalização ou algo muito parecido com o aparelho Kinect do videogame X-box (Microsoft).

O Kinect é um aparelho formado por uma câmera de alta qualidade, capaz de detectar movimentos em 3D aliado a sensores de movimento. Os microfones embutidos no dispositivo são capazes de detectar a voz de seus usuários e isolar o som ambiente, além de identificar e

obedecer a comandos com voz. A câmera grava essa movimentação. A Física tem o papel de entender a natureza e utilizar seus conhecimentos para ajudar as pessoas e desenvolver novos equipamentos, mesmo que sejam para a diversão.

Se o cérebro do Demolidor consegue processar as informações sonoras a cada 3 μs e o som se propaga a uma velocidade de 340 m/s, calcule a maior precisão que ele poderia ter ao "enxergar" o corpo de Elektra nesse processo.

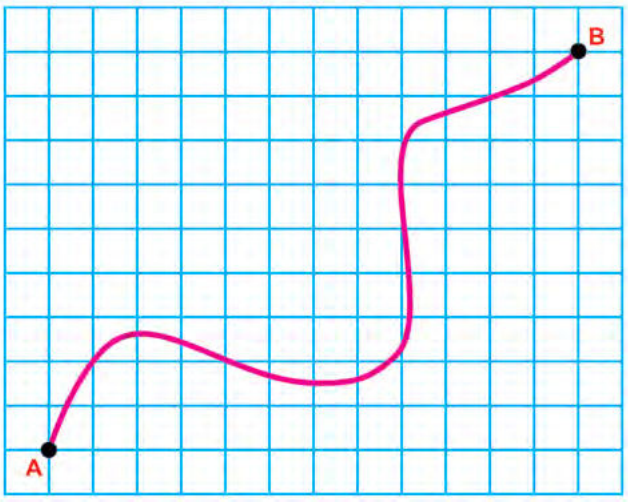
155. No desenho da Liga da Justiça, Arthur Curry, o Aquaman, foi capturado por seu irmão, Mestre do Oceano. Para evitar que seu irmão matasse seu filho, o Rei dos Sete Mares teve de cortar sua própria mão para se livrar das correntes que o prendiam e salvar a vida do herdeiro de Atlântida. Aquaman adaptou um dispositivo mecânico para substituir sua mão amputada, no caso, um arpão.

Várias pessoas passam por acidentes e têm membros amputados em todo mundo. Nesses casos, a Física pode ser aplicada na criação de próteses, muitas delas de baixo custo, que podem ser construídas com impressoras 3D, melhorando a qualidade de vida dessas pessoas.

Pode-se pensar em braços nos moldes de heróis, como a armadura do Homem de Ferro, para crianças com essas necessidades.

Alguns cuidados devem ser tomados, como o modelamento do braço e a escolha dos materiais utilizados. No caso da figura ao lado, uma criança segura um copo d'água de massa. Esse modelo de mão é capaz de aplicar uma força normal máxima de 2,0 N no copo. Sabendo que o coeficiente de atrito estático entre o copo e o material da mão é $\mu = 0{,}8$, calcule a massa máxima que ele consegue suportar verticalmente nessa situação.

156. Depois de seu fatídico encontro com o Coringa, Barbara Gordon, ex-Batgirl, tornou-se paraplégica. Ainda assim, assumiu a identidade de Oráculo, enfrentando o crime mesmo na cadeira de rodas. Sua cadeira automatizada trabalha com notação vetorial, para que consiga percorrer o melhor caminho entre dois pontos. Considere que Oráculo tenha percorrido a trajetória que liga os pontos A e B, em um tempo de 10 segundos. Sabendo que a distância entre as linhas quadriculadas é igual a 1 m, calcule a velocidade vetorial média de Oráculo nesse trajeto.



157. Vinda das revistas do Demolidor, Maya Lopez, a Echo, nasceu surda. Por conta das relações de seu pai, ela surge trabalhando para o Rei do Crime. Pouco depois participou dos Novos Vingadores e se juntou ao Cavaleiro da Lua por algum tempo. Durante uma emboscada na praia, Echo conseguiu detectar a presença de seu inimigo pelas ondas que o movimento dele produziu na superfície da areia. As ondas se dividem em dois tipos: ondas transversais, que se propagam com uma velocidade $v_T = 50$ m/s, e ondas longitudinais, que se propagam com uma velocidade $v_L = 150$ m/s. Se um movimento brusco produz essas ondas, Echo é capaz de determinar a que distância se encontra do agressor a partir da diferença Δt entre os

instantes em que as duas ondas chegam à perna que está mais próxima do oponente. Se $\Delta t = 50$ ms, a que distância está o agressor?

158. O Doutor Meia-Noite é uma linhagem de heróis cegos, que se iniciou com Charles McNider, um dos membros da Sociedade da Justiça da América, no início dos anos 1940. Depois de um ataque criminoso no hospital onde trabalhava, McNider sobreviveu a uma explosão que lhe custou a vista diurna, mas lhe rendeu uma perfeita visão noturna, que se perde na luz.

Vários pesquisadores pelo mundo buscam tecnologias para ajudar pessoas com problemas de visão. Um projeto brasileiro sobre esse tema foi um dos vencedores do prêmio The World Summit Youth Award, o mais importante da ONU para jovens empreendedores. Entre 1,9 mil projetos inscritos, apenas 18 foram premiados. O projeto brasileiro do cientista pernambucano Marcos Penha é sobre óculos para pessoas cegas, que funcionam em auxílio à bengala. Assim que o aparelho detecta um obstáculo próximo à pessoa cega, ele emite um sinal que aumenta à medida que o objeto se aproxima. O sinal é sentido por meio de vibrações de uma pulseira ou colar, sendo possível regular a intensidade da vibração de acordo com a sensibilidade de quem usa o aparelho. "Normalmente se faz a analogia com o morcego, que eles usam sinais

sonoros para se localizar. Então, os óculos têm sensores de ultrassom. É emitido um sinal sonoro que vai até o obstáculo, bate e reflete isso em questão de segundos e aí o cego tem um *feedback* tátil aqui que é uma vibração. E vai dizer para ele mais ou menos onde está o obstáculo", explicou Marcos.

Fonte: (http://g1.globo.com/globo-news/noticia/2015/06/brasileiro-vence-concurso-da-onu-com-oculos-que-ajudam-guiar-cegos.html)

Considere que a bengala emita ultrassom, com frequência de 34 kHz, que se propaga no ar com velocidade de 340 m/s.

a) Calcule o comprimento de onda dessas ondas de ultrassom.

b) Considerando que um obstáculo se encontre a 1,7 m de distância da bengala, calcule o tempo decorrido entre a emissão da onda e a recepção (eco) no dispositivo, que está no braço, a 2,04 m do obstáculo.

c) Qual a frequência do som recebido pelo receptor?

159. Xi'an "Shan" Coy Manh (Karma) é uma mutante vietnamita com o dom de controlar a mente e o corpo de outras pessoas. Membro dos X-Men, perdeu a perna esquerda e passou a utilizar uma perna biônica. A ciência tem aprimorado os membros robóticos, trazendo maior qualidade de vida às pessoas. Mesmo para atletas, a amputação não significa, necessariamente, o afastamento de competições. As próteses especiais para corredores, conhecidas como lâminas, revolucionaram as competições de paratletas.

As primeiras lâminas foram criadas nos anos 70 pelo inventor americano Van Phillips, que perdeu uma das pernas aos 21 anos. As versões mais modernas são construídas com cerca de 80 camadas de fibra de carbono, cada uma mais fina que um fio de cabelo, e não contam com nenhum tipo de circuito eletrônico ou robótico. O processo é puramente mecânico: a cada passo dado pelo corredor, a prótese se contrai, como uma mola, e armazena energia potencial elástica, que é liberada, impulsionando o atleta, quando a lâmina retorna ao formato original. Considere uma perna de corridas com constante elástica k = 1.000 N/cm, sofrendo uma deformação de 20 cm. Qual é a energia potencial acumulada no dispositivo?

160. Capitão Marvel Jr. (Shazam Jr.), o herói favorito de Elvis Presley, também possuía um problema físico. Durante um ataque, antes de receber os poderes do Shazam, Freddy Freeman foi machucado gravemente. Ele se tornou o Capitão Marvel Jr., porém, em sua forma natural, necessita de muletas. Considere que Freddy seja um rapaz franzino, de 50 kg e

utilize uma muleta cujo diâmetro da "perna" seja de 3 cm. A resistência à compressão é diretamente ligada à área da secção transversal. Ao se transformar em Shazam Jr., o jovem franzino se transforma em um robusto herói de 150 kg de puro músculo. Supondo que ele ainda precisasse de muleta e que a muleta esteja no limite para aguentar sua forma natural, calcule o novo diâmetro necessário para que ela suporte sua forma de herói.

161. Eugene Judd (Puck) era um homem muito alto e um talentoso atleta. Depois de algumas aventuras como mercenário, ele foi atacado pelo espírito Black Raazar, que drenou sua força vital e transformou seu corpo; assim sendo, seu nanismo não é de nascença. Pessoas com nanismo sofrem com a acessibilidade em vários locais, como balcões de lojas, bancos e até mesmo bebedouros. Você já deve ter presenciado situações em que uma pessoa com deficiência não conseguiu se locomover, por exemplo, porque na rua não havia rampas de acesso, o elevador não tinha botão com os andares em braile e outros. Desse problema nasce o conceito de desenho universal ou desenho para todos, em que os produtos ou ambientes são desenvolvidos para que todos possam usar, sem que haja necessidade de fazer adaptações às mais

diferentes necessidades. Esse conceito tem sido implantado no currículo dos mais importantes cursos de Engenharia.

Considere que Puck, anteriormente com 1,90 m, fique, em sua condição de nanismo, com 1,40 m, tendo sua massa reduzida de 120 kg para 45 kg. Adote a velocidade da luz $c = 3x10^8$ m/s e $g = 10$ m/s².

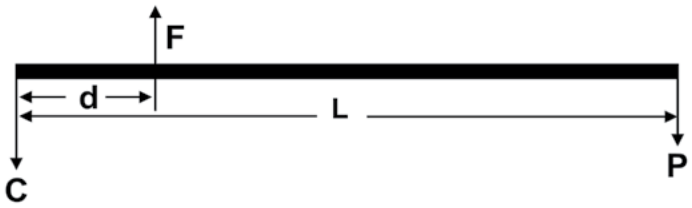
a) Qual é a quantidade de energia drenada por Black Raazar?

b) Se Puck tiver que pular uma altura de 50 cm para alcançar um objeto que normalmente alcançaria tendo 1,90 m, qual energia deverá empregar no salto?

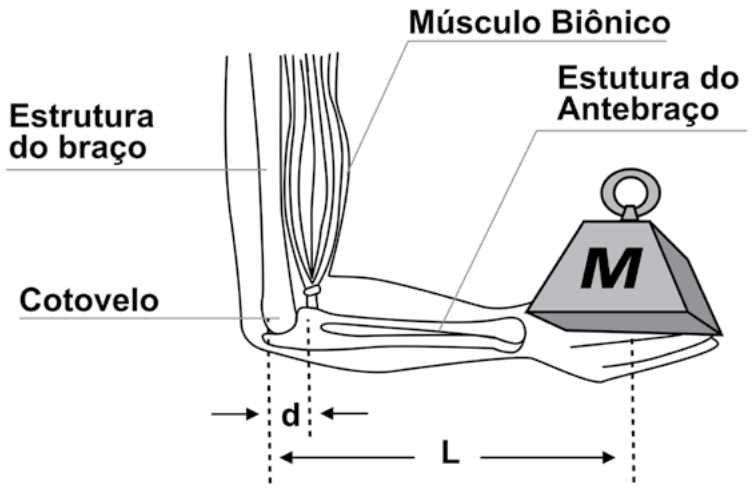
162. (Adaptado – UNICAMP) Misty Knight é uma ex-policial de Nova York, cujo braço direito foi amputado após um ataque a bomba. Algum tempo depois, reconhecendo o ato heroico da moça, Tony Stark produziu seu braço biônico. Por não poder retomar seu emprego como policial, fundou seu escritório de investigação particular – Heróis de Aluguel.

O bíceps é um dos músculos envolvidos no processo de dobrar nossos braços. Esse músculo funciona em um sistema de alavanca. No braço mecânico, esse músculo artificial é feito de nanotubos de carbono, embebidos em cera de parafina, que podem suportar até duzentas vezes mais peso que um músculo natural do mesmo tamanho. Suponha que

Misty equilibre um objeto na palma da mão, estando o braço em posição vertical e o antebraço em posição horizontal. Esse equilíbrio é o resultado da força peso P do objeto, da força F, que o músculo biônico exerce sobre a estrutura do antebraço, e da força C, que a estrutura do braço exerce sobre o cotovelo biônico.



A distância do cotovelo até a palma da mão é L = 40 cm, e a distância do cotovelo ao ponto em que o bíceps está ligado a um dos ossos do antebraço é d = 4 cm.



O objeto que Misty está segurando tem massa M = 200 kg. Despreze o peso do antebraço e da mão e considere g = 10 m/s². Determine a força F que o bíceps deve exercer no antebraço e a força C que o peso do braço exerce nos ossos do antebraço.

163. Joseph Wilson Filho, o Jericcó, faz parte dos Novos Titãs e do seriado Arrow. É irmão de Devastadora e filho de Slade, um dos maiores vilões da DC. Joseph se torna mudo por causa de um inimigo de seu pai que destrói suas cordas vocais. Jericcó tem o poder de "fazer contato", isto é, trata-se de olhar nos olhos de uma pessoa e tomar posse do corpo dela; nesse momento, o corpo de Jericcó desaparece.

As cordas vocais, as quais Jericcó teve destruídas, são duas membranas que entram em vibração quando o ar proveniente dos pulmões é forçado a passar pela fenda existente entre elas, gerando os sons emitidos. Várias pessoas pelo mundo perdem a voz em razão de problemas de saúde ou acidentes, que, como no caso de Jericcó, causam a mudez.

As cordas vocais dos homens vibram, em geral, com frequência mais baixa do que as das mulheres, determinando que eles emitam sons graves e elas, sons agudos. A propriedade do som que nos permite distinguir um som agudo de um grave é denominada:

a) Intensidade.
b) Amplitude.
c) Velocidade.
d) Timbre.
e) Altura.

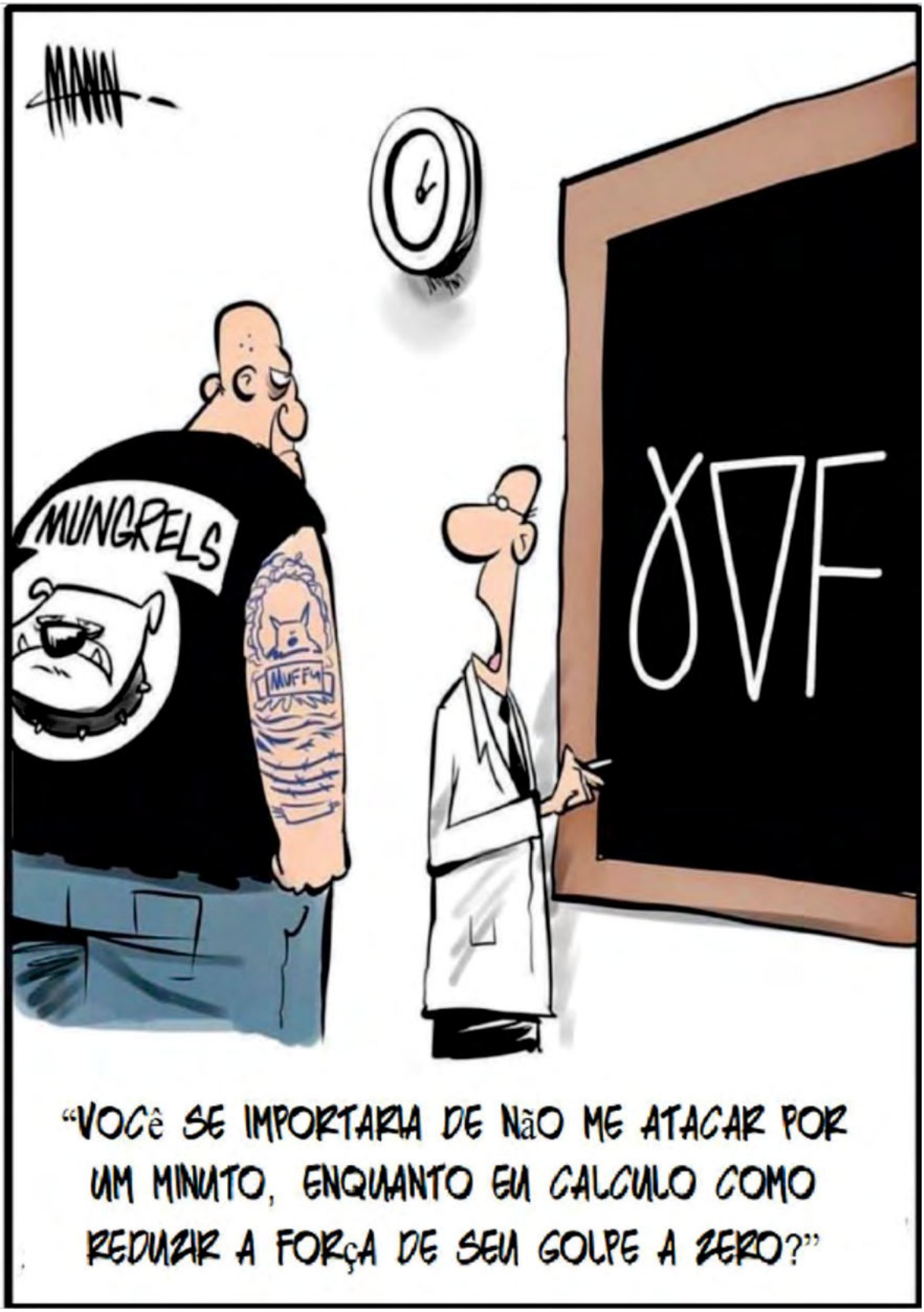
Para inspirar!

Veja como estudantes podem fazer a diferença na vida das pessoas:

Alunos de Rio Claro-SP fazem prótese em impressora 3D e doam para jovem que perdeu a perna:
https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2019/11/17/estudantes-de-rio-claro-fazem-protese-em-impressora-3d-e-doam-para-jovem-que-perdeu-a-perna.ghtml
https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2019/10/alunas-fazem-protese-em-impressora-3d-para-jovem-que-perdeu-perna.html

Empresa Júnior de alunos de colégio cria cadeira de rodas para cadela amputada:
https://www.redeicm.org.br/purissimo/empresa-junior-cria-cadeira-de-rodas-para-cadela-amputada/?fbclid=IwAR3Xuvkgf2YryqTxZ-c3cEJWnL_Z-C2vwn7vW0yPxuTrnt4nd3zuaHt5Xvs

RESOLUÇÕES


MANN
MUNGRELS
MUFFY
∂∇F
"VOCÊ SE IMPORTARIA DE NÃO ME ATACAR POR UM MINUTO, ENQUANTO EU CALCULO COMO REDUZIR A FORÇA DE SEU GOLPE A ZERO?"

1. *Durante a queda de Gwen, temos:*

$$V^2 = V_0^2 + 2.a.\Delta S$$

$$V^2 = 0^2 + 2.10.101{,}25$$

$$V^2 = 2025$$

$$V = 45\ m/s.$$

Essa é a velocidade que ela atinge após cair de 45 m de altura.

Para de fato pará-la, Peter Parker imprimiu uma força capaz de levá-la ao repouso em apenas 0,5 s.

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{-45}{0{,}5} = -90\ m/s^2$$

Ou seja, uma aceleração de retardamento igual a 9 vezes a aceleração da gravidade.

$$P = mg = 50.10 = 500\ N$$

$$Fr = m.a = 50.\ 90 = 4500\ N$$

$$Fr = F - P = m.a$$

$$F = Fr + P = 4500 + 500 = 5000\ N$$

Aplicada diretamente na coluna de Gwen!

2. *Durante a queda, temos conservação da energia mecânica.*

Logo, $E_A = E_B$.

$$E_A = E_B$$

$$mgh_A = mgh_B + mv^2/2$$

$$gh_A = gh_B + v^2/2$$

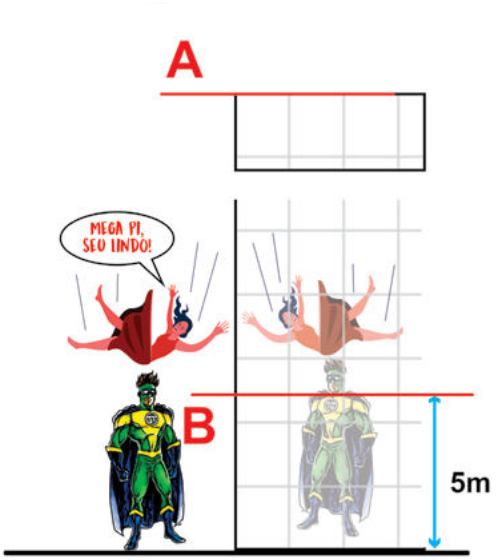
$$10.130 = 10.5 + v^2/2$$

$$1300 - 50 = v^2/2$$

$$1250 = v^2/2$$

$$v^2 = 2500$$

$$v = 50\ m/s.$$



Essa é a velocidade que ela atinge após cair de 125 m de altura. Para pará-la, Stivinson José imprimiu uma força capaz de levá-la ao repouso em apenas 0,05 s.

$$I = \Delta Q$$

$$Fr.\ \Delta t = mv - mv_o$$

$$Fr.0{,}05 = 90.0 - 90(50)$$

$$Fr = -4500/0{,}05$$

$$Fr = -90.000\ N$$

$$P = mg = 90.10 = 900\ N$$

$$Fr = F - P = m.a$$

$$F = Fr + P = 90.000 + 900 = 90.900\ N$$

Aplicada sobre a pobre mocinha, que sonhava em beijar seu herói!

3. *O volume do Mjölnir é dado por:*

$V = (14x10^{-2})x(14x10^{-2})x(22x10^{-2}) =$

$4312x10^{-6}\ m^3$

$V = 4{,}3x10^{-3}\ m^3$ *(4,3 litros)*

Para calcularmos sua massa, utilizaremos a densidade $d = \frac{m}{Vol}$

Assim, $m = Vol.\ d$

$m = 4{,}3x10^{-3}x10^{17} = 4{,}3x10^{14}$ *kg (430 bilhões de toneladas!)*

Para calcularmos a velocidade tangencial dada pela rotação do Mjölnir, temos:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Analisemos 1 volta completa:

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Como $f = \frac{n}{\Delta t}$*, temos que uma volta* $f = \frac{1}{T}$ *resulta em:*

$$v = 2\pi R f$$

A frequência f foi dada em RPM e precisamos de seu valor em Hz. Logo, se ele gira 300 rotações em um minuto, basta dividirmos por 60 e teremos uma frequência de 5 Hz, ou seja, 5 voltas por segundo.

Repare que o Sistema Internacional de Unidades também vale em Asgard, logo não se esqueça dele em suas provas na Terra também!

Assim,

$$v = 2\pi 0{,}5.5 = 5\pi\ m/s \approx 16\ m/s$$

Durante o giro do Mjölnir, a tração é a resultante centrípeta. Assim,

$$T = \frac{mv^2}{R}$$

$$T = \frac{4{,}3x10^{14}(16)^2}{0{,}5} \approx 2200x10^{14} \approx 2{,}2\ x10^{17}N$$

(O cordão deve ter sido criado pelo próprio Odin)

Hela consegue parar esse objeto de massa $4{,}3x10^{14}$ kg, que viajava a 16 m/s, em apenas 1 décimo de segundo.

$I = \Delta Q$

$Fr.\ \Delta t = mv - mvo$

$Fr.0{,}1 = 4{,}3x10^{14}.16$

$Fr = 68{,}8x10^{14}$

$Fr \approx 7x10^{15}\ N$

Que Mulher (se não fosse pelo gênio forte e temperamento explosivo)!

4.

$$V = 36\ km/h = 10\ m/s$$

$$Vo = 0$$

$$\Delta t = 0{,}3\ s$$

$$m = 100\ kg$$

Para levantar Batman no início do movimento, temos:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{10}{0{,}3} = \frac{100}{3}\ m/s^2$$

$$T - P = m.a$$

$$T = ma + mg$$

$$T = 100x100/3 + 100x10$$

$$T = 10000/3 + 1000$$

$$T = \frac{10.000 + 3.000}{3} = \frac{13.000}{3} = 4.333{,}33\ N$$

Para içá-lo com velocidade constante, basta que a tração seja igual ao peso, ou seja, T = 1.000 N.

5.

$$P = mg = 90x10 = 900\ N$$

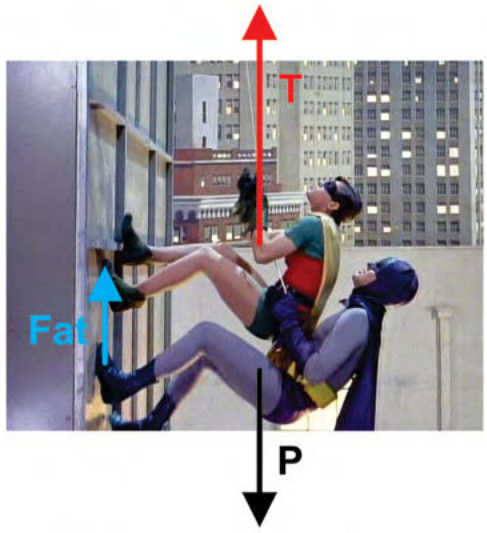
Como a velocidade é constante, a força resultante deve ser nula.

$$Logo,\ F_{at} + T = P$$

$$F_{at} = P - T$$

$$F_{at} = 900 - 750$$

$$F_{at} = 150\ N$$



6. *Para pará-lo, Peter Parker deve realizar um grande esforço, típico de um super-herói com poderes incríveis.*

A velocidade do trem é v = 90 km/h = 25 m/s.

$$I = \Delta Q$$

$$Fr.\ \Delta t = mv - mv_o$$

$$Fr.12,5 = 200.000 \times 25$$

$$Fr = 200.000 \times 25/12,5$$

$$Fr = 200.000 \times 2 = 400.000\ N$$

Divididos em dois braços, temos:

$$F = 200.000\ N$$ *em cada braço!*

7. *Para que a massa de Banner aumente em cerca de 570 kg, há a necessidade de converter energia em massa:*

$$E = mc^2$$

$$E = 570x(3x10^8)^2$$

$$E = 570x9x10^{16}$$

$$E = 5.130x10^{16}$$

$$E = 5,213x10^{19}\ J$$

Tsar Bomb:

58 Mton ------ E_{tsar}

50 Mton ------- $2,1\times10^{17}\ J$

$E_{tsar} = 2,43x10^{17}\ J$

1 bomba ----- $2,43x10^{17}\ J$

n Bombas ------ $5,213x10^{19}\ J$

$n = 214$ *bombas*

Assim, a transformação de Bruce Banner em Hulk deveria absorver uma energia equivalente a 214 Tsar Bombs.

Hulk, o Vingador mais forte!

8.

$$I = \Delta Q$$

$$Fr.\ \Delta t = mv - mv_0$$

$$Fr.0,1 = 0 - 150x40$$

$$Fr = -\ 150x40/0,1$$

$$Fr = -\ 150x400 = 60.000\ N$$

A força resultante é igual à força nos braços subtraída do peso dos dois:

$$Fr = F - P$$

$$F = Fr + P$$

$$F = 60.000 + 1500$$

$$F = 61.500\ N$$

Se o Batman não fosse tão inteligente e não tivesse ancorado a grappling gun em seu exoesqueleto inserido debaixo de sua roupa, isso poderia ter sido desastroso...Mas o Batman é o cara!

9. *a) Peso de um policial*

$$P = mg = 65x10 = 650\ N$$

Analisando de baixo para cima, temos:

$$T_6 = 1P = 650\ N.$$

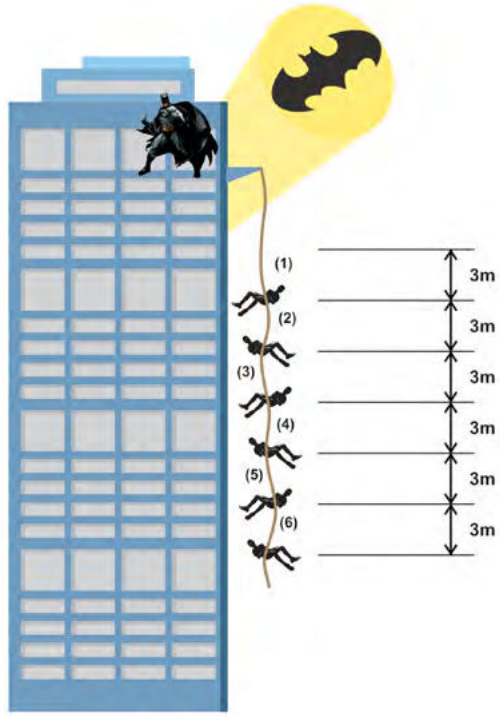
$$T_5 = 2P = 1300\ N.$$

$$T_4 = 3P = 1950\ N.$$

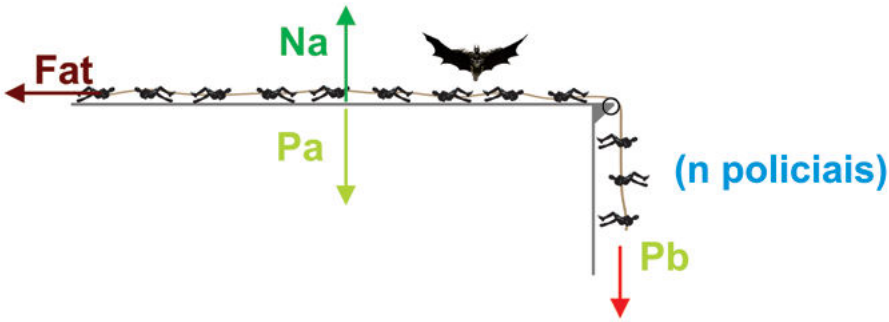
$$T_3 = 4P = 2600\ N.$$

$$T_2 = 5P = 3250\ N.$$

$$T_1 = 6P = 3900\ N.$$



b) O equilíbrio se mantém enquanto Pb = Fat



$Pb = n.mg \quad e \quad Pa = (12-n)\ mg$

$Na = Pa$

$Fat = \mu Na$

$Fat = \mu\ (12-n)\ mg$

No equilíbrio, Pb = Fat

$n.mg = \mu\ (12-n)\ mg$

$n = \mu\ (12-n)$

$$n = 0{,}5.\ (12\text{-}n)$$

$$n = 6 - 0{,}5\ n$$

$$1n + 0{,}5\ n = 6$$

$$1{,}5\ n = 6$$

$N = 4$ *policiais pendurados sem que haja escorregamento.*

10. *Como a explosão no nível do solo produz uma cratera com diâmetro proporcional à raiz cúbica da energia da explosão, temos:*

$$\boldsymbol{D = k\sqrt[3]{E}}$$

$$1\ km = k\sqrt[3]{1MTon}$$

$$\boldsymbol{K = 1\ [\frac{km}{MTon^{-3}}]}$$

a)

$$2x10^{-3} = 1\sqrt[3]{E}$$

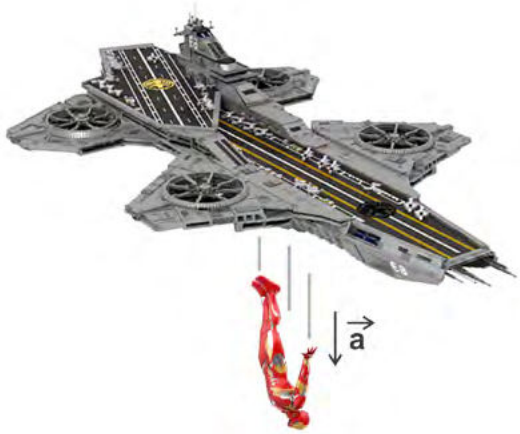
$$E = (2x10^{-3})^3$$

$$E = 8x10^{-9}MTon$$

$$E = 8x10^{-9}x4{,}2x10^{15}$$

$$\boldsymbol{E = 33{,}6x10^{6}\ J}$$

11.



Capitão

Caiu 500 m até o resgate.

$S = So + Vot + at^2/2$

$500 = 10t^2/2$

$1000 = 10t^2$

$t^2 = 100$

$t = 10\ s$ *até o resgate.*

Tony

Como ele saiu após 5 s, demorou apenas 5 s entre sua saída e o resgate.

$S = So + Vot + at^2/2$

$500 = a\ (5)^2/2$

$500 = 25a/2$

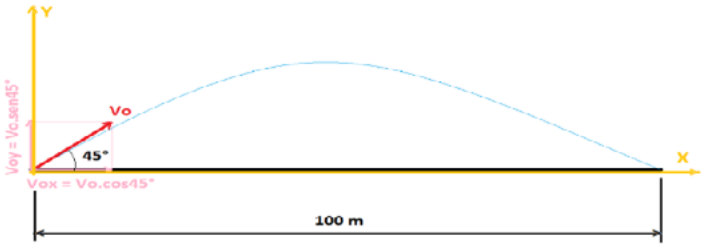
$1000 = 25a$

$a = 1000/25$

$a = 40\ m/s^2$

12.

a)



$$Voy = Vo.sen45° = \frac{vo\sqrt{2}}{2}$$

$$Vox = Vo.cos45° = \frac{vo\sqrt{2}}{2}$$

Eixo Y

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{0 - Voy}{ts}$$

$$ts = \frac{Voy}{g}$$

Tempo total = 2ts

Eixo X

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$Dmáx = Vox.\frac{2Voy}{g}$$

$$Dmáx = \frac{vo\sqrt{2}}{2}.2\frac{vo\sqrt{2}}{2g} = \frac{vo^2}{g}$$

Assim, temos que:

$$100 = \frac{vo^2}{10}$$

$Vo^2 = 1000$

$Vo = 31{,}62\ m/s \approx 114\ km/h$

b) Altura Máxima (Vy = 0) Eixo Y

$V^2 = Vo^2 + 2a\Delta S$

$$0^2 = \left(\frac{31{,}62\sqrt{2}}{2}\right)^2 - 2.10h$$

H=25 m (para 45 Hmáx = Dmáx/4)

Hmáx = 6,25+25 =31,25 m

b) Tempo total = 2 ts

$$T = \frac{2Voy}{g} = \frac{2\,\frac{31{,}62\sqrt{2}}{2}}{10}$$

$$T = \frac{2Voy}{g} = \frac{31{,}62\sqrt{2}}{10} = 3{,}162\sqrt{2} = 4{,}47\ s$$

13.

Como há conservação de energia mecânica, temos que Ei = Ef.

$$\frac{mv^2}{2} = mgh$$

$$\frac{v^2}{2} = gh$$

$$\frac{v^2}{2} = 10.5$$

$$V^2 = 100$$

V = 10 m/s (36 km/h)

14.

a) $V = \lambda f$

$$340 = \lambda 200x10^{3}$$

$$\lambda = \frac{340}{200x10^{3}} = 1{,}7x10^{-3}m = 1{,}7\ mm$$

b)

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{2D}{\Delta t}$$

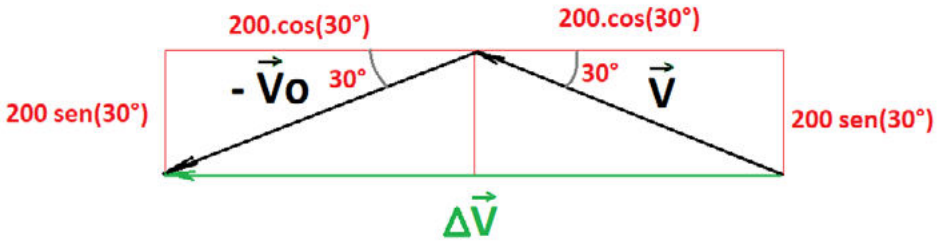
$$2D = V.\Delta t$$

$$D = \frac{V.\Delta t}{2} = \frac{340x0{,}4}{2} = 68\ m$$

15.

a) Para calcular a variação da velocidade, temos que utilizar os vetores.

$$\Delta\vec{V} = \vec{V} - \overrightarrow{Vo} = \vec{V} + (-\overrightarrow{Vo})$$



Separando cada vetor, temos:

$$\Delta Vy = 200sen(30°) - 200sen(30°) = 0$$

$$\Delta Vx = 200cos(30°) + 200cos(30°) = 100\sqrt{3} + 100\sqrt{3} = 200\sqrt{3}\frac{m}{s}$$

$$\Delta V = 200\sqrt{3}\ m/s$$

Observe que o ângulo sendo o mesmo, a variação de velocidade acontece na direção e no sentido da normal.

10 tiros por segundo = 600 tiros/min.

m= 40g x600 =24.000 g = 24 kg

$$Ec = \frac{mv^2}{2} = \frac{24\left(200\sqrt{3}\right)^2}{2} = \frac{24x40.000x3}{2} = 24x20.000x3 = 1.440.000\ J = 1{,}44\ MJ$$

b) $I = \Delta Q$

$$\vec{F}r.\ \Delta t = m\Delta\vec{V}$$

$$Fr.60 = 24x200\sqrt{3}$$

$$Fr = \frac{24x200\sqrt{3}}{60} = \frac{24x20\sqrt{3}}{6} = 4x20\sqrt{3} = 80\sqrt{3}\ N$$

Essa força deve ser anulada pela força de atrito para que Batfino permaneça em repouso.

$$Fat = \mu.N$$

$$Fat = \mu mg$$

$$80\sqrt{3} = \mu 10x10$$

$$\mu = 0{,}80\sqrt{3}$$

$$\mu \cong 1{,}4$$ *(bastante grande!)*

16.

a)

$$Pot = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{mgh}{\Delta t}$$

$$f = \frac{n}{\Delta t} = \frac{1}{T}$$

Para 1 ciclo, temos:

$$Pot = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{mgh}{T} = mghf$$

$$Pot = 2x10^{3}x10x1x10^{-2}x2$$

$$Pot = 4x10^{2} = 400\ W$$

b)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$

$$A = 0{,}01\ mm^2 = 1x10^{-2}\ mm^2 = 1x10^{-2}x10^{-6} = 1x10^{-8}\ m^2$$

$$P = \frac{2x10^{3}x10}{1x10^{-8}} = 2x1012\ Pa\ = 20.000.000\ atm!$$

17.

a)

$$U\ = \frac{E}{Q}$$

$$E = U.Q = 200x10^{6}x5 = 1x10^{9}\ J$$

$$1\ J \quad \text{------}\ 3\ x\ 10^{-7}\ kWh$$

$$1x10^{9}\ J\ \text{-----}\ x$$

$$X = 3x10^{2} = 300\ kWh$$

Se a residência consumir 150 kwh/mês de energia elétrica, poderia ser mantida em funcionamento por 2 meses.

b)

$$1\ cal = 4J$$

$$E = 1x10^{9}\ J = \frac{10x10^{8}}{4} = 2{,}5x10^{8} cal = 2{,}5x10^{5} kcal$$

Como 1 berrie possui valor energético = 100 kcal/100g = 1kcal/g, ele precisaria comer $2{,}5x10^{5}g$ = 250 kg de berries.

c) 5 pokelinas = 1 dia inteiro de funcionamento

O consumo de energia elétrica do Centro Pokémon é de 1.500 kWh/mês. = 1.500 kwh/30 dias = 50 kWh/dia.

5 pokelinas = 50 kWh

1 J -----3 x 10^{-7} kWh

E ----- 50 kWh

$$E = \frac{50}{3x10^{-7}} = \frac{50}{3}x10^{7}\,J$$

$$E = \frac{50}{3x4}x10^{7}cal$$

$$E = \frac{25}{6}x10^{7}cal = \frac{25}{6}x10^{4}kcal = \frac{250}{6}x10^{3} = 41.666\,kcal$$

1 X-Tudo --- 1500 kcal

N -------- 41.666 kcal

N =27,8 (1 pokelina equivale a quase 28 lanches X-Tudo)

18.

a)

$$d = \frac{2,7g}{cm^3} = \frac{2,7kg}{L}$$

$$d = \frac{m}{Vol}$$

$$m = d.Vol = 2,7x200 = 540\ kg$$

$$v = 90\ km/h = 25\ m/s$$

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{540(25)^2}{2} = 168.7500\,J$$

b)

$$\vec{I} = \Delta\vec{Q}$$

$$\vec{F}\Delta t = m\Delta\vec{V}$$

$$Fx0{,}1 = 540x25$$

$$\vec{F} = 135.000\ N$$

c) Pela Terceira Lei de Newton (ação e reação), forças trocadas possuem o mesmo módulo, logo elas são iguais.

19.

Para levantar Ash:

$$E_{útil} = mgh = 70x10x30 = 21.000\ J$$

$$E_{útil} = 0{,}2E_{total}$$

$$\frac{E_{útil}}{0{,}2} = E_{total}$$

$$E_{total} = \frac{21.000}{0{,}2} = 195.000\ J = 195\ kJ$$

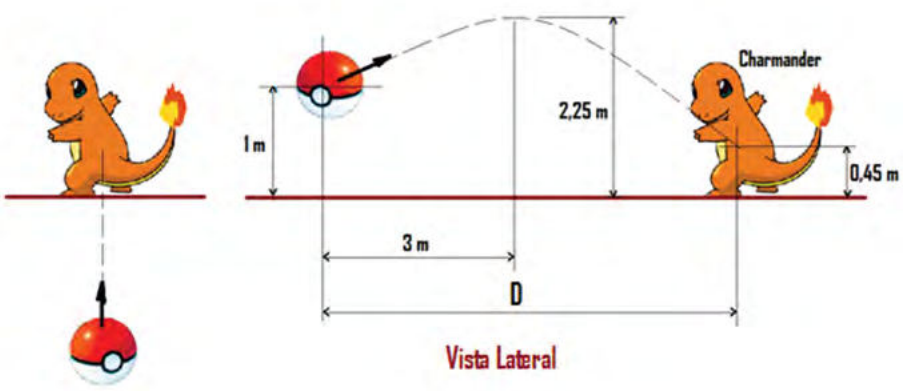
Chocolate: 2266 kJ/100g

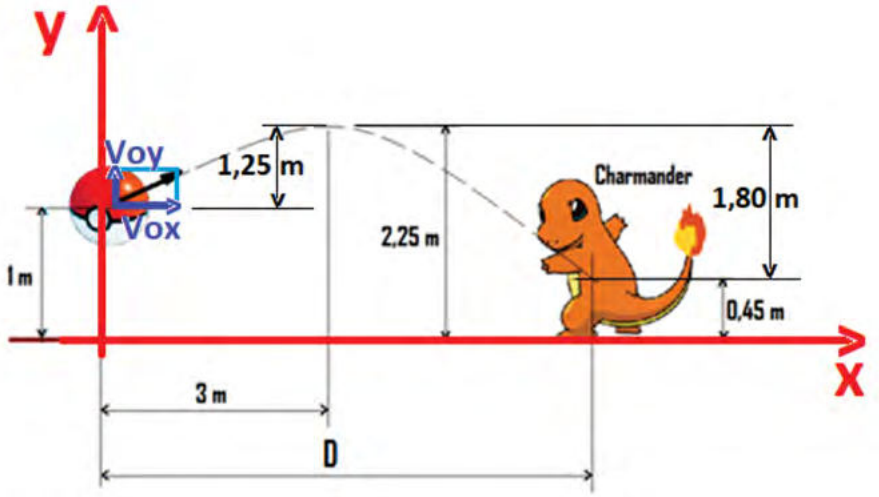
2266 kJ ---------- 100g

195 kJ --------- m

m = 8,6 gramas de chocolate ao leite

20.





a)

Subida (Eixo y)

$$V^2 = V^2 + 2a.\Delta S$$

$$0^2 = Voy^2 + 2(-10).1{,}25$$

$$0 = Voy^2 - 25$$

$$Voy^2 = 25$$

$$Voy = 5\ m/s$$

Tempo de subida (ts)

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$-10 = \frac{-5}{ts}$$

$$ts = 0{,}5\ s$$

Nesse intervalo de tempo, ele percorreu, horizontalmente, uma distância de 3 m com velocidade constante.

Eixo –x

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$vox = \frac{3}{0{,}5} = 6\ m/s$$

b) Descida (eixo y)

$$S = So + vo.t + \frac{at^2}{2}$$

$$1{,}8 = \frac{10t^2}{2}$$

$$t^2 = 0{,}36$$

$$td = 0{,}6\ s$$

Logo, T = ts + td = 0,5 + 0,6 = 1,1 s

c) Eixo x

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$6 = \frac{D}{1{,}1}$$

$$D = 6{,}6\ m$$

d)

$$Vo^2 = Vox^2 + Voy^2$$

$$V^2 = 6^2 + 5^2 = 61$$

$$Ec = \frac{mvo^2}{2} = \frac{0{,}5x61^2}{2} = 15{,}25\ J$$

Considerando a altura na qual foi lançada, temos ainda:

$$Ep = mgh = 0{,}5x10x1 = 5\ J$$

$$E = 15{,}25 + 5 = 20{,}25\ J$$

21. *T.E.C.*

$$W = \Delta Ec$$

$$W = \frac{mv^2}{2} - \frac{mvo^2}{2}$$

$$W = \frac{10x0^2}{2} - \frac{10x10^2}{2}$$

$$W = -500\ J$$

$$|W| = 500\ J$$

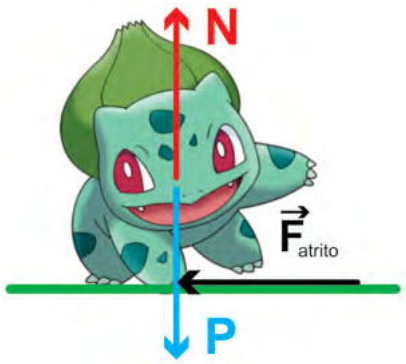
a)

$$W = Fat.d$$

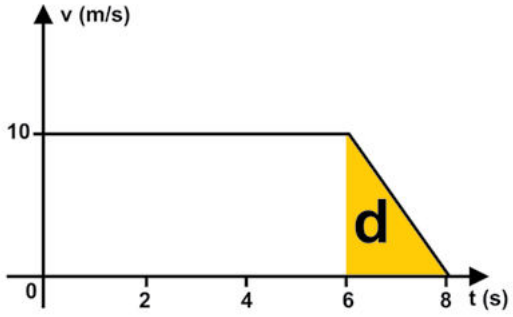
$$Fat = \mu\ .\ N$$

$$N = P = mg$$

$$W = \mu\ mg\ d$$



O deslocamento pode ser calculado pela área do gráfico de velocidade versus tempo.

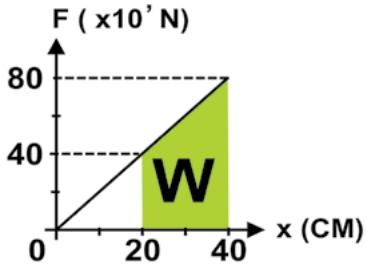


$$d = \frac{2x10}{2} = 10m$$

$$500 = \mu.10x10x10$$

$$\mu = 0{,}5$$

22. *O trabalho pode ser calculado como a área do gráfico:*



$$W = (B + b).\frac{h}{2}$$

$$W = (80x10^3 + 40x10^3).\frac{0{,}2}{2}$$

$$W = (120x10^3).0{,}1 = 12.000\ J$$

23.

$$Eco = \frac{mvo^2}{2} = \frac{20x50^2}{2} = 25.000\ J$$

$$Ec = \frac{mv^2}{2} = \frac{20x10^2}{2} = 1.000\ J$$

Ele perdeu 24.000 J atravessando 50 cm. Para parar completamente, precisa perder toda a energia (25.000 J).

24.000 ---- 50 cm

25.000 ---- X

X = 52,083 cm

24.

Como a bola foi lançada do solo, a energia potencial gravitacional inicial é nula e a energia total da bola é sua energia cinética = 90 J. Ao chegar na altura máxima (posição X = A/2), sua energia cinética diminui para 30 J.

Desprezando qualquer movimento de rotação dessa pokebola e a influência do ar, temos uma conservação da energia mecânica da bola, logo os 60 J de variação da energia cinética foram convertidos em energia potencial.

$$Eo = E$$

$$90 = Ep + 30$$

$$Ep = 60\ J$$

$$Ep = mgh$$

$$60 = 0{,}5x10xh$$

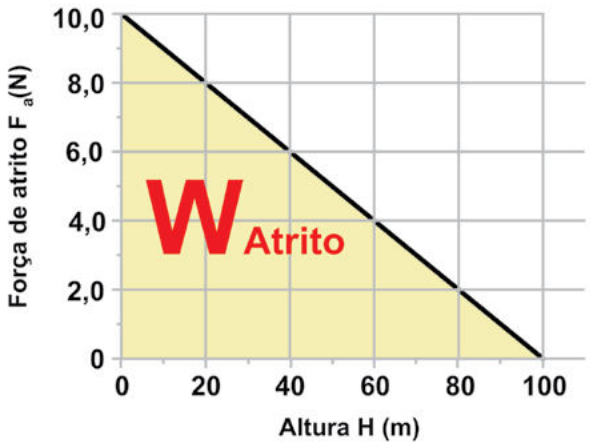
$$h = 12\ m$$

25. *A energia final da bola será potencial (E = mgh):*

$$Ef = 2x10x100 = 2.000\ J$$

No trajeto, o atrito dissipou energia. O trabalho dissipado pelo atrito é numericamente igual à área do gráfico.

$$W = \frac{10x100}{2} = (-)500\ J$$



Para chegar com 2.000 J, tendo gasto 500 J no caminho, ela teve que ser lançada com 2.500 J de energia (Ei – W_{atrito} = Ef)

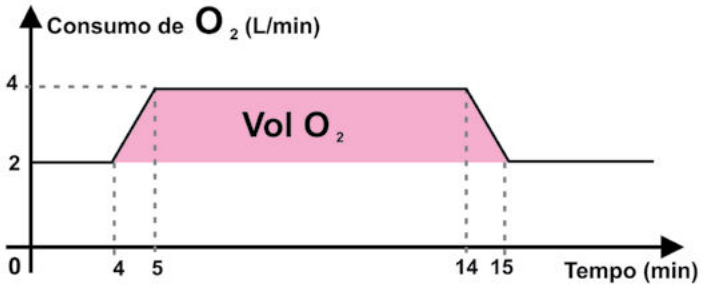
$$Ei = \frac{mvo^2}{2}$$

$$2500 = \frac{2vo^2}{2}$$

$$2500 = vo^2$$

$$vo = 50\ m/s$$

26. *Calculando a área sob o gráfico indicado, temos a quantidade de litros de O_2 gasta a mais no processo:*



$$V = \frac{(11+9)x2}{2} = 20\ L$$

Como 2 litros de O_2/minuto equivalem a 40 kJ/minuto, temos que 1 L de O_2 equivale a 20 kJ.

Assim, o gasto energético a mais foi de 20 x 20 = 400 kJ.

27.

$$Pot = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{mv^2}{2\Delta t}$$

$$d = \frac{m}{Vol} \rightarrow m = d.Vol$$

$$Pot = \frac{d.Vol.v^2}{2\Delta t}$$

$$Vol = \pi.R^2.L$$

$$Pot = \frac{d.\pi.R^2.L.v^2}{2\Delta t}$$

$$v = \frac{L}{\Delta t}$$

$$Pot = \frac{d.\pi.R^2.v.v^2}{2}$$

$$Pot = \frac{d.\pi.R^2.v^3}{2}$$

$$Pot = \frac{d.\pi.R^2.v^3}{2}$$

$$Pot = \frac{1,2.3.5^2.30^3}{2} = 1.215.000\ W$$

$$Pot_{útil} = 0,5x1.215.000 = 607.500\ W\ (607,5kW)$$

28.

$$m = 500\ kg$$

$$V = 360\ km/h = 100\ m/s$$

Para vaporizar 1 L de água, Ev = 2,5 × 10^6 J

$$E = \frac{mv^2}{2}$$

$$E = \frac{500\ (100)^2}{2}$$

$$E = 2,5x10^6\ J$$

Logo, 1 L de água seria evaporado.

29.

a) Como os Seakings possuem massa ms = 12 kg e densidade 1.200 kg/m³, podemos calcular seu volume por:

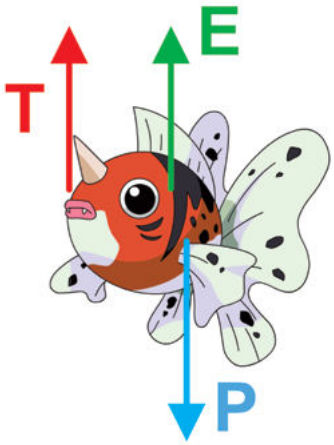
$$d = \frac{m}{Vol}$$

$$Vol = \frac{m}{d}$$

$$Vol = \frac{12}{1200} = 0,01m^3$$

$$E = dgV = 1000x10x0{,}01 = 100\ N$$

$$P = mg = 12x10 = 120\ N$$



Para que ele suba com velocidade constante (mínima tração), temos que a Fr = 0.

$$T + E = P$$

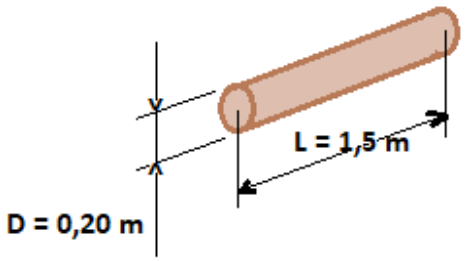
$$T = P - E = 120 - 100 = 20\ N\ (2\ kgf)$$

Assim, precisará de uma linha de D = 0,20 mm.

b) Ao sair completamente da água, não terá mais o empuxo agindo sobre ele.

Assim, a tração terá que sustentar o peso dele e da água que engoliu, totalizando 15 kg (P = 15 kgf). Logo, precisará de uma linha de D = 0,50 mm.

30. *Consideramos o volume de um único tronco:*



$$V = \pi R^2 xL$$

$$V = 3(0{,}1)^2 x1{,}5 = 4{,}5x10^{-2} = 45x10^{-3}m^3 = 45\ L$$

Sua massa será dada por: $m = d.Vol$

A densidade da madeira é 0,8 g/cm³ = 0,8 kg/L.

Logo, $m = 0{,}8.45$=*36 kg.*

O empuxo que mantém a madeira boiando é igual ao peso do volume de fluido deslocado. Se a madeira estivesse totalmente submersa, teríamos 45 L de tronco submerso. Se ele fosse feito de água (d = 1kg/L), teria 45 kg. Esse é o equivalente do empuxo ao qual estaria sujeito (450 N).

Tendo um empuxo equivalente a 45 kg e uma massa de 36 kg, ele ainda pode suportar 9 kg.

$$1 \text{ tronco} \text{ ---- } 9 \text{ kg}$$

$$N \text{ ---------- } (85+55)$$

$$N = 15{,}55$$

Como não podemos colocar pedaços de madeira, serão necessários, no mínimo, 16 troncos.

31.

Dados:

$D = 0{,}2 \text{ mm} = 0{,}2 \times 10^{-3} = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$

$1 \text{atm} = 10^5 \text{ Pa}$

$P = 2 \times 10^2 \text{ atm} = 2 \times 10^2 \times 10^5 = 2 \times 10^7 \text{ Pa}$

A área de cada dente de Omastar é dado por $A = \pi R^2 = \pi(1 \times 10^{-4}) = \pi \times 10^{-4}$ m^2.

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P.A = 2 \times 10^7 \times \pi \times 10^{-4} = 2\pi \times 10^3 = 6.280 \text{ N}$$

32.

a) A cada 10 m de profundidade, temos o aumento de 1 atm (1 atm = 10 mca = 10^5*Pa), além da pressão atmosférica (1atm). Como ela está a 7 metros de profundidade, está sujeita a 1 atm + 0,7 atm = 1,7 atm =* $1{,}7 \times 10^5$ *Pa.*

b) A pressão é dada por $P = \mu gh + Patm$. *Como não houve variação da profundidade, não houve variação da pressão. Assim,* $\Delta P = 0$.

33. *As forças que atuam na pokebola são o peso e o empuxo.*

$$V = 0{,}2\ L = 0{,}2x10^{-3}\ m^2$$

$$Densidade\ da\ água\ \mu = 10^3\ kg/m^3$$

$$P = mg = 0{,}1x10 = 1N$$

$$E = \mu gV = 1x10^3x10x0{,}2x10^{-3} = 2N$$

$$Fr = m.a$$

$$(2\text{-}1) = 0{,}1.a$$

$$a = 10\ m/s^2$$

$$S = So + Vot + \frac{at^2}{2}$$

$$h = \frac{10.(3)^2}{2} = 45\ m$$

34. *1 atm = 10^5 Pa = 10 mca (a cada 10 m, aumentamos 10^5 N/m²).*

Como o organismo pode suportar variações máximas de 10^4 N/m² ($0{,}1x10^5$ N/m²) a cada segundo, pode nadar com, no máximo, uma velocidade de 1 m/s. Como Goldeen nada a 2,5 m/s, ela não conseguirá alcançá-lo.

a) O organismo humano pode ser submetido, sem consequências danosas, a uma pressão de, no máximo, $4x10^5$ N/m² (4 atm, sendo uma da atmosfera e mais três da água).

Como a cada 10 m adiciona-se 1 atm, ela pode mergulhar até, no máximo, 30 metros de profundidade.

35.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{45x10}{(15x10^{-2})^2} = \frac{45x10}{15x15x10^{-4}} = \frac{30}{15x10^{-4}} = 2x10^4\ Pa$$

$$= 0{,}2\ atm$$

36. *A densidade do corpo humano é próxima à da água, ou seja, d = 1 kg/L. Como o monstrinho tem 12,5 kg, seu volume deve ser próximo de 12,5 L = 12,5x10^{-3} m³.*

Vamos adotar um valor razoável para um grão de areia. Podemos estimá-lo como sendo um cubo de aresta 0,5 mm (uma boa aproximação).

$$V = (5x10^{-4}\ m)^3 = 125x10^{-12}\ m^3 = 12,5x10^{-11}$$

1 grão ---------12,5x10^{-11} m³

N ----------12,5x10^{-3} m³.

$$N = \frac{12,5x10^{-3}}{12,5x10^{-11}} = 1x10^{8}$$

N = 100 milhões de grãos de areia

37.

(V) O Princípio de Pascal afirma que a variação de pressão em um fluido é distribuída de maneira igual para todos os pontos do fluido.

(F) A vazão do jato de água é constante. Diminuindo a área, aumentamos a velocidade da água na saída.

(V) Pelo Princípio de Bernoulli, maior velocidade, menor pressão estática.

(F) A pressão, na saída do esguicho, é maior, já que se encontra em um ponto mais baixo.

(V) Temos um lançamento horizontal, com velocidade horizontal constante e vertical acelerada pela gravidade.

38. *Como P = F/A, uma menor área causa uma maior pressão.*

Alternativa b

39.

a) A velocidade do vento foi de 180 km/h = 50 m/s.

$$\Delta P = \frac{\mu v^2}{2} = \frac{1{,}2x(50)^2}{2} = 1500\ N/m^2$$

b) A área do telhado é de 5.400 m².

$$\Delta P = \frac{F}{A}$$

$$1500\ = \frac{F}{5.400}$$

F = 8.100.000 kg = 8.100 toneladas!

40. *Podemos encontrar a equação que relaciona a pressão com a altitude utilizando a equação da reta ou comparando-as, de forma análoga ao que costumamos fazer para escalas termométricas:*

$$\frac{200-0}{h-0} = \frac{74-76}{P-76}$$

$$\frac{200}{h} = \frac{-2}{P-76}$$

$$-2h = 200P - 15.200$$

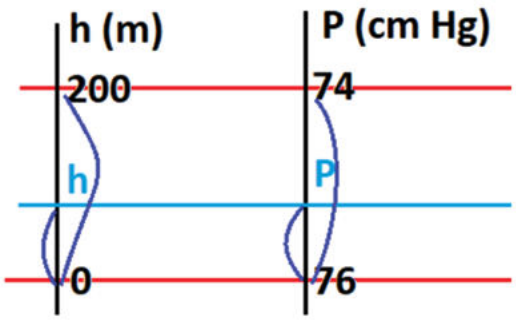
$$15.200 - 2h = 200P$$

$$P = \frac{15.200 - 2h}{200}$$

Para h = 1.000 m, temos:

$$P = \frac{15.200 - 2000}{200} = \frac{13.200}{200} = 66\ cm\ Hg$$

Podemos verificar ainda que, a cada 200 m, diminuem 2 cm Hg. Assim, em 1.000 m, diminuem 10 cm Hg, passando de 76 para 66.



$$1 \text{ atm} \text{ ------- } 76 \text{ cm Hg}$$

$$P \text{ --------- } 66 \text{ cm Hg}$$

$$P = 0{,}86 \text{ atm} = 0{,}86 \times 10^5 \text{ Pa} = 8{,}6 \times 10^4 \text{ N/m}^2$$

41. *O empuxo que mantém a barca boiando é igual ao peso do volume de fluido deslocado. Se a barca estivesse totalmente submersa, teríamos 100 m³ de barca submersos. Se ela fosse feita de água (d = 1.000 kg/m³), teria 100.000 kg (100 toneladas). Esse é o equivalente do empuxo ao qual estaria sujeita.*

Tendo um empuxo equivalente a 100.000 kg e uma massa de 40.000 kg, ele ainda pode suportar 60.000 kg.

Graveler tem densidade de 2,7 g/cm³ = 2,7 kg/L e volume de 200 L.

Assim, sua massa é m = d.Vol = 2,7x200 = 540 kg.

$$1 \text{ Graveler} \text{ ---- } 540 \text{ kg}$$

$$N \text{ ---------- } 60.000 \text{ kg}$$

$$N = 111{,}11$$

Como não podemos colocar pedaços de Graveler, poderão ser transportados, no máximo, 111 Gravelers.

42. *A vazão do canal é dada por:*

$$\varphi = \frac{Vol}{\Delta t} = A.v$$

A área da secção transversal é:

$$A = \frac{\pi R^2}{2} = 3.\frac{\left(\frac{1}{2}\right)^2}{2} = \frac{3}{8}m^2$$

A velocidade da água é dada por:

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{4}{60}m/s$$

Assim,

$$\varphi = A.v = \frac{3}{8}x\frac{4}{60} = \frac{\frac{1}{40}m^3}{s} = \frac{1000}{40} = 25\frac{L}{s}$$

43.

25 min = 1500 s

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{1500}{1500} = 1\ m/s$$

44.

5 min = 300 s

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{2500}{300} = 8{,}33\frac{m}{s} = 30\ km/h$$

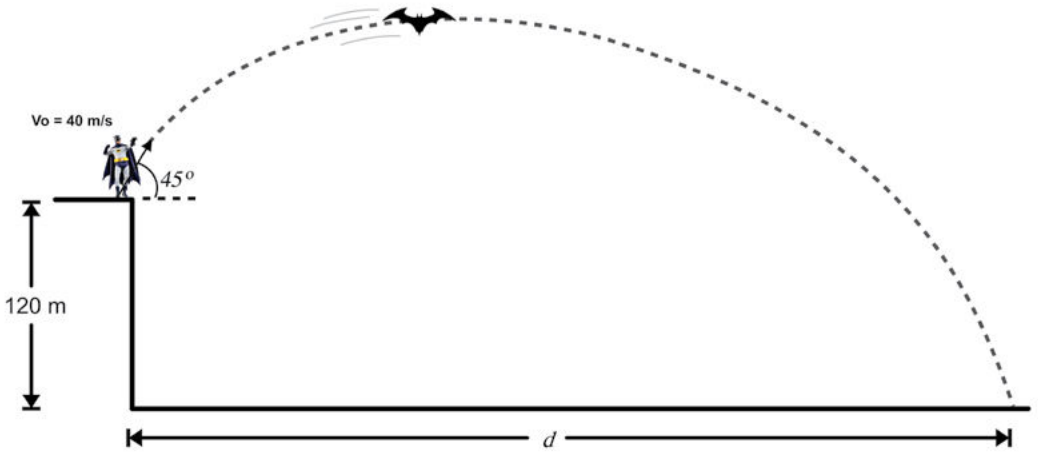
45. *Primeiramente, temos que transformar 36 km/h em 10 m/s (dividindo por 3,6):*

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$10 = \frac{\Delta S}{4}$$

$$\Delta S = 40\ m$$

46. *(b) 250 m.*



$$Voy = Vocos(45°) = \frac{40\sqrt{2}}{2} = 20\sqrt{2}\frac{m}{s}$$

$$Voy = Vosen(45°) = \frac{40\sqrt{2}}{2} = 20\sqrt{2}\frac{m}{s}$$

Subida (Eixo – y)

$$V^2 = V^2 + 2a.\Delta S$$

$$0^2 = (20\sqrt{2})^2 + 2(-10).h$$

$$0 = 800 - 20h$$

$$20h = 800$$

$h = 40\ m$ *(atinge a altura máxima 40 + 120 = 160 m)*

Tempo de subida (ts)

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$-10 = \frac{-20\sqrt{2}}{ts}$$

$$ts = 2\sqrt{2}\ s$$

Descida (eixo – y)

$$S = So + vo.t + \frac{at^2}{2}$$

$$160 = \frac{10t^2}{2}$$

$$t^2 = 36$$

$$td = 6\ s$$

Logo,

$$T = ts + td = 2\sqrt{2} + 6 = 8{,}83\ s$$

Eixo – x

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$20\sqrt{2} = \frac{D}{8{,}83}$$

$$D \cong 250m$$

47.

$$S = So + vot + \frac{at^2}{2}$$

$$10{,}5 = \frac{10t^2}{2}$$

$$t = \sqrt{2{,}1} = 1{,}45\ s$$

$$v = vo + at = 0 + 10x1{,}45 = 14{,}5\frac{m}{s}\ (52{,}2\frac{km}{h})$$

48. *Provavelmente, ele consegue armazenar o ar dentro de seus pulmões sob uma pressão superior à pressão atmosférica. No momento do sopro, essa pressão diminui drasticamente, além de o volume do gás expelido ao sair pela boca aumentar.*

49. *Temos que* $v = \lambda f$

a) Como a velocidade é a da luz (c = 3x10⁸ m/s), temos que o comprimento de onda será dado por $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{c}{f}$.

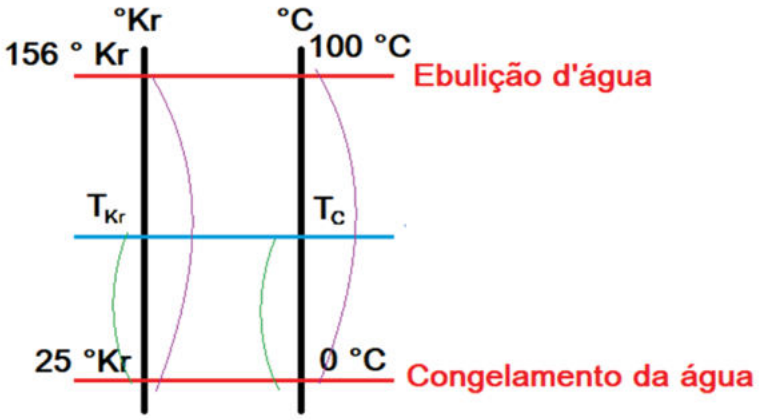
$$\lambda 1 = \frac{3x10^8}{5x10^{14}} = 0{,}6x10^{-6}m = 0{,}6\ \mu m$$

$$\lambda 2 = \frac{3x10^8}{5{,}2x10^{14}} = 0{,}57x10^{-6}m = 0{,}57\ \mu m$$

Assim, a faixa de comprimento de onda correspondente à luz amarela é de 0,57μm a 0,6 μm.

b) A energia é diretamente proporcional à frequência, dada por $E = hf$ *, sendo h a constante de Planck (6,6207.10⁻³⁴ m².kg/s). Logo, uma onda eletromagnética de maior frequência possui maior energia, fazendo com que a radiação proveniente de nosso Sol seja mais energética do que a oriunda de Rao.*

50. *Comparando os valores, temos:*



$$\frac{T_{Kr} - 25}{156 - 25} = \frac{T_C - 0}{100 - 0}$$

$$\frac{T_{Kr} - 25}{131} = \frac{T_C}{100}$$

Como $T_{Kr} = 58$*, temos:*

$$\frac{58 - 25}{131} = \frac{T_C}{100}$$

$$\frac{33}{131} = \frac{T_C}{100}$$

$$\frac{3300}{131} = T_C$$

$$T_C = 25{,}2\ °C$$

51. *Um ano-luz é a distância percorrida pela luz no vácuo durante 1 ano.*

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\Delta S = v.\Delta t$$

$$1\ ano - luz = 3x10^8 \frac{m}{s} x365x24x3600s = 3x10^8 x3{,}2x10^7$$

$$= 9{,}6x10^{15}\ m$$

a) $D = 27{,}1x\ 9{,}6x10^{15} = 260{,}2x10^{15}m = 260{,}2x10^{12}km =$

$260{,}2\ trilhões\ de\ quilômetros$

b) Se a velocidade da nave fosse a da luz, pela própria definição de ano-luz, a viagem demoraria 27,1 anos.

52. *(b) A luz emitida pela explosão de Krypton demoraria 2 mil anos para chegar à Terra.*

53. *(c)*

$$P = m.g$$

$$P = 100.150 = 15000N$$

54. *(e)*

$$v^2 = vo^2 + 2a\Delta S$$
$$v^2 = 0^2 - 2x10x180$$
$$v^2 = 3600$$
$$v = 60\ m/s$$

55. *(a)*

$$I = \Delta Q$$
$$F.\Delta t = m.v$$
$$F.0{,}25 = 100.60$$

$F = 24000N$ $\qquad$ $P = m.g \Rightarrow 24000 = m.10 \Rightarrow m = 2400kg$

56. *(a)*

Para que haja circulação de corrente elétrica, é necessário que tenhamos uma diferença de potencial. Na situação da imagem, o Super-Homem, por estar com apenas um dos pés em contato com o fio, está no mesmo potencial dele, não havendo, assim, uma diferença de potencial.

57. *(c)*

Não, pois só conseguimos ver o interior dos corpos, por meio do raio X, quando utilizamos placas fotográficas para isso.

58. *(a) 10 porções de espaguete.*

$$E_C = m.v^2/2 = 60.340^2/2 = 3468\ KJ$$

59. *(b)*

$$E_C = m.v^2/2 = 60.340^2/2 = 3.468\ KJ$$

$$Q = m.c.\Delta T$$

$$3468000 = m.4,2.20$$

$$m = 41.286\ g = 41\ kg = 41\ l$$

60. *(e)*

61. *(c)*

Ao passar em alta velocidade, a pressão do ar "arrastado" por ele diminui e o ar em volta empurra as pessoas nesse sentido por estar com maior pressão.

62. *(b)*

Os pedidos de socorro serão ouvidos de modo mais agudo, com frequência de 600 Hz.

$$f_{observada} = f_{fonte}\frac{v_{som} \pm v_{observador}}{v_{som} \pm v_{fonte}} = 200.\frac{(340 + 680)}{(340 - 0)} = 600\ Hz$$

63. *(c)*

O Flash se eletrizou por atrito com o ar e, ao ser tocado, recebeu elétrons do cidadão, que tomou um choque.

64. *(e)*

$$E_{bala} = \frac{m.v^2}{2} = 10.10^{-3}.\frac{300^2}{2} = 450\ J\ (cada\ bala)$$

450 x 300 (número de balas por 30 s) = 135000 J

$$135000 \times 10 \text{ (número de inimigos)} = 1350000\ J$$

$$E_g = m.g.h$$

$$1350000 = 100.10.h$$

$$h = 1350\ m = 1{,}35\ km$$

65. *(c)*

Materiais como cobre e prata são diamagnéticos e se repelem na presença de um campo magnético.

66. *(c)*

Metais diamagnéticos, como água e chumbo, são repelidos na presença de campos magnéticos e poderiam ser manipulados por Magneto. Já os materiais paramagnéticos, como o alumínio, não sofrem atração magnética.

67. *(e)*

$$d = m/V$$

$$m = d.V = 10^{17}.\ 0{,}1332*0{,}1332*0{,}2184 = 3{,}9.10^{14}\ kg$$

68.

$$E_C = m.v^2/2 = 3{,}9.10^{14}.(10^3)^2 = 3{,}9.10^{20} J \approx 4.10^{20} J$$

$$1 \text{ megaton} - \ 4{,}0.10^{15} J$$

$$X \quad - \ 4{,}0.10^{20} J$$

$$X = 1{,}0.10^5 \text{ megaton} = 100000 \text{ megaton}$$

Aproximadamente 100000 megatons

100000 km

69. *(a)*

Cada 10 m de coluna de água produz uma pressão de 1 atm, por tanto 600 m produziriam 60 atm, mais 1 atm do ar, totalizando 61 atm.

$$p = p_{atm} + d.g.h = 10^5 + 10^3.10.600 = 10^5 + 6.10^6 = 61.10^5\ Pa$$

70.

a) $P = U.i = 15000000.200000 = 3{,}0.10^{12}\ W$

b) $Q = i.t = 2.10^5.1{,}2.10^{-3} = 240\ C$

c) $E = P.t = 3.10^{12}.\ 1{,}2.10^{-3} = 3{,}6.10^9\ J = 1.10^3 = 1000\ KWh\ .\ R\$\ 0{,}6 = R\$\ 600$

d) $1000/200 = 5$ *casas*

e) 30% *de* $3{,}6.10^9\ J = 1{,}08.10^9\ J$

$$Q = m.c.\Delta T$$

$$1{,}08.10^9 = m.4{,}2.10$$

$$1{,}08.10^9 = 42.m$$

$$m = 2{,}57.10^7 g = 25700 kg = 25700\ litros$$

71. *Para 20 kg, temos 5 kg de eletrócitos e 800 V.*

$$5kg \quad -- \quad 800\ V$$

$$X \quad -- \quad 15000000\ V$$

$$X = 93750\ kg\ (de\ eletrócitos)$$

Massa do Pikachu 375 toneladas

$$20\ kg \quad -- \quad 2{,}5\ m$$

$$375000\ kg \quad -- \quad x$$

$$X = 46{,}875\ km$$

72. (b)

Calor para elevar a temperatura do ferro a 1520ºC:

$$Q = m.c\Delta T$$

$$Q = 1000.10^3.0{,}11.1500$$

$$Q = 165.10^6\ cal$$

Calor para derreter a metade do ferro:

$$Q = m.L$$

$$Q = 500.10^3.64$$

$$Q = 32.10^6\ cal$$

Calor total:

$$Q = 192.10^6 cal = 1{,}92.10^8 cal$$

73. *(c)*

$$Q = 1{,}92.10^8 cal = 8{,}0.10^8\ J$$

$$P = Q/t = 8{,}0.10^8/25 = 3{,}23.10^7\ W$$

74. *(e)*

Potência útil

$$P = 3.10^7 W.40\% = 1{,}2.10^7\ W$$

Energia produzida em 10 minutos

$$E = P.t = 1{,}2.10^7 W.1/6h = 0{,}2.10^7 Wh = 2000\ KWh$$

Número de casas abastecidas

$$2000/200 = 10\ casas$$

75. *(c)*

Como não conseguimos expor nossa área total, consideramos apenas a metade.

$$P = 200\ W$$

Aproveitamento de 50%

$$P = 100\ W = 100\ J/s$$

Velocidade

$$v = \frac{80}{\frac{1}{4}} = \frac{320km}{h} \cong 90\ m/s$$

Energia cinética

$$E_c = \frac{m.v^2}{2} = 150.90^2/2 = 607500\ J$$

Tempo gasto

$$100\ J \quad - \quad 1\ s$$

$$607500\ J \quad - \quad x$$

$$X = 6075\ s = 101\ min = 1h\ 41min$$

76. *(a)*

Comprimento da circunferência terrestre:

$$C = 2.\pi R = 2.3{,}14.6378.10^3 = 40.10^6\ m$$

Calculando o tempo que a luz demora para dar uma volta em torno da Terra:

$$v = \Delta S/\Delta t$$

$$\Delta t = \Delta S/v = 40.10^6/3.10^8 = 13{,}3.10^{-2} = 0{,}133\ s$$

Portanto,

$$1\ volta \quad - \quad 0{,}133\ s$$

$$X\ voltas \quad - \quad 1\ s$$

$$X = 7{,}5\ voltas$$

77. *(e)*

$$F.\Delta t = m.v$$

$$F.5.10^{-3} = 1{,}5.340$$

$$F = 102000\ N$$

78. *Energia liberada pelo chute*

$$E = m.v^2/2$$

$$E = 12.1700^2/2 = 17340000\ J$$

Seria equivalente a quantos gramas de tnt?

$$1\ g \quad - \quad 4184\ J$$

$$X \quad - \quad 17340000\ J$$

$$X = 4144\ g$$

$$40000\ kg \quad - \quad 1500\ m$$

$$4{,}144\ kg \quad - \quad x$$

$$x = 0{,}1554\ m$$

79. *(a)*

$$Q_{capitão} = Q_{escudo}$$

$$(m.v)_{capitão} = (m.v)_{escudo}$$

$$80.v_{capitão} = 8.30$$

$$V_{capitão} = 240/80 = 3\ m/s$$

80. *(b)*

Não, pois, para distâncias grandes, teríamos uma imagem menor e invertida. Lente convergente.

81. *(c)*

Convexo, côncavo e trocadas.

82.

$$v = v_0 + a.t$$

$$100 = 0 + a.20$$

$$a = 100/20 = 5\ m/s^2$$

$$F = m.a = 8.5 = 40\ N$$

$$\tau = F.d = 40.550 = 22000\ J$$

83. *(d)*

$$22000/4,2 = 5238\ cal$$

$$5238cal \times 4 = 20952\ cal$$

84.

a)

$$h = v_0t + g.t^2/2$$

$$h = 10.1,5^2/2 = 11,25\ m$$

b)

$$v = v_0 + g.t$$

$$v = 0 + 10.1,5$$

$$v = 15\ m/s$$

c)

$$I = \Delta Q$$

$$F.\Delta t = m.v$$

$$F.0,5 = 80.15$$

$$F = 2400\ N\ \textit{(uma força três vezes maior que seu próprio peso)}$$

85. *(c)*

Fisicamente possível, visto que, quanto maior o tempo para finalizar o movimento, menor a força aplicada sobre o corpo.

86. *(b)*

Seria impossível, visto que a –273ºC um corpo não teria mais energia e por isso estaria morto.

87.

a) Calculando a componente x da velocidade:

$$v_x = \Delta S/\Delta t = 270/1,5 = 180\ m/s$$

Calculando a velocidade de lançamento:

$$cos15° = v_x/v \quad => \quad 0,97 = 180/v \quad => \quad v = 186\ m/s$$

b) O tempo para atingir a altura máxima é igual à metade do tempo total, 0,75 s

c) A altura é calculada com a componente y da velocidade:

$$v_y = v.sen15^o = 186.0,26 = 48,36\ m/s$$

Calculando a altura com a equação de lançamento vertical:

$$h = h_0 + v_0.t + g.t^2/2$$

$$h = 0 + 48,36.0,75 + (-10).0,75^2/2$$

$$h = 36 - 2,81 = 33\ m$$

d) A velocidade com que ela atinge o alvo é a mesma com que ela sai do arco: 186 m/s.

88. *Cálculo para pressão:*

$$p = F/A = 60/1,5.10^{-6} = 40.10^6 N/m^2 = 4.10^7\ N/m^2$$

Necessário primeiro calcular a força:

$$F = m.a = m.\Delta v/\Delta t = 0,6.1000/10 = 0,6.100 = 60\ N$$

Cálculo da área em m²:

$$A = largura \times espessura = 0,3.10^{-2}.0,5.10^{-3} = 0,15.10^{-5} = 1,5.10^{-6} m^2$$

89.

a) Como ele é feito de água, sua densidade é a mesma desse importante líquido, ou seja, 1000 kg/m³ = 1 kg/L, já que 1 m³ = 1000 L.

Assim, temos:

$$d = \frac{m}{Vol}$$

$$Vol = \frac{m}{d} = \frac{70}{1000} = 70x10^{-3}\, m^3\ (70\ L)$$

A vazão (Φ) é dada por $\emptyset = \frac{Vol}{\Delta t} = \frac{A.L}{\Delta t} = A.v$

A área do cano é dada por $A = \pi.R^2 = \pi.(5x10^{-2})^2 = 25\pi x10^{-4} m^2 = 75x10^{-4}\ m^2$

$$\emptyset = 5\frac{L}{s} = \frac{5x10^{-3}\, m^3}{s}$$

$$\emptyset = A.v$$

$$5x10^{-3} = 75x10^{-4}.v$$

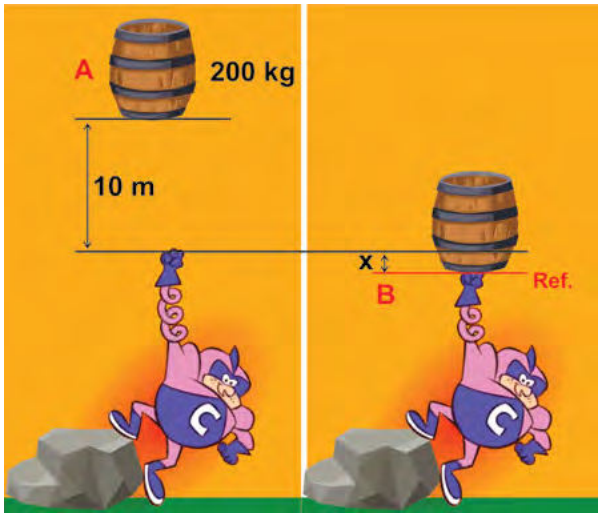
$$v = \frac{5x10^{-3}}{75x10^{-4}} = \frac{50x10^{-4}}{75x10^{-4}} = \frac{50}{75} = \frac{2}{3}\ m/s$$

b)

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{L}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{L}{v} = \frac{2}{\frac{2}{3}} = 2\,.\frac{3}{2} = 3\ s$$

90. *Durante o processo, a energia mecânica se conserva, logo* $E_A = E_B$.



Adotando o ponto de máxima compressão como sendo o referencial (altura zero), temos:

$$mg(h+x) = kx^2/2$$

$$(70 + 130).10\ (10 + 1) = \frac{k(1)^2}{2}$$

$$200.10.11 = \frac{k}{2}$$

$$K = 44.000\ N/m$$

91. *(c) Nos pontos de inversão do sentido do movimento harmônico simples, a velocidade e a energia cinética são nulas, mas o módulo da aceleração e a energia potencial são máximos.*

92.

a) Primeiramente, temos que transformar 1044 km/h em m/s (basta dividir por 3,6). Assim v = 290 m/s.

$$Ec = \frac{mv^2}{2} = \frac{5(290)^2}{2} = 210.250\ J$$

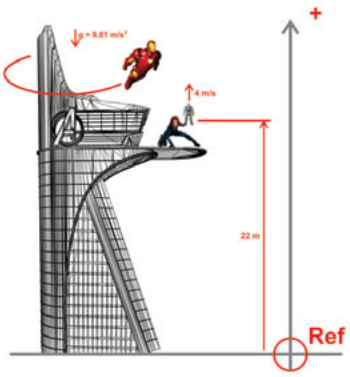
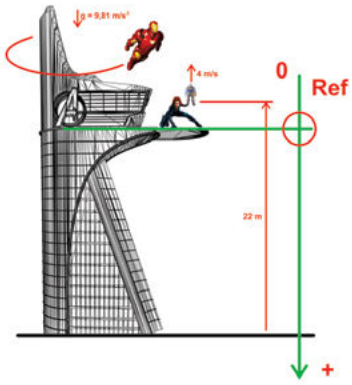
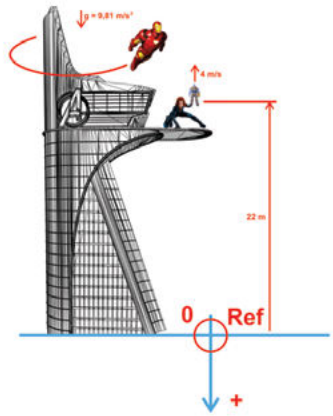
b)

$$Pot = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{210.250}{10} = 21.025\ W = 28{,}6cv$$

(uma moto 250 cc, de 137 kg, tem uma potência média de 20 cv)

93.

$x_o = 22\ m$ $x_f = 0\ m$ $v_{ox} = 4\frac{m}{s}$ $a = -9{,}81\frac{m}{s^2}$	$x_o = 0\ m$ $x_f = 22\ m$ $v_{ox} = 4\frac{m}{s}$ $a = 9{,}81\frac{m}{s^2}$	$x_o = -22\ m$ $x_f = 0\ m$ $v_{ox} = -4\frac{m}{s}$ $a = 9{,}81\frac{m}{s^2}$

		
Podemos verificar que Thor utilizou esse referencial. Logo, partiu de 22 m de altura e deverá chegar ao solo (xf = 0). A velocidade está no sentido positivo do referencial e a gravidade no sentido negativo. Parabéns, Thor!	*Podemos verificar que Hulk utilizou esse referencial. Logo, partiu de 0 m de altura e deverá chegar ao solo (xf = 22 m). A velocidade está no sentido negativo do referencial (pisou na bola, Hulk) e a gravidade no sentido positivo. Hulk errou o sinal por ter ficado "nervoso". Bruce Banner jamais erraria isso!*	*Podemos verificar que Capitão utilizou esse referencial. Logo, partiu de -22 m de altura e deverá chegar ao solo (xf = 0). A velocidade está no sentido negativo do referencial e a gravidade no sentido positivo. Parabéns, Capitão! Empatou com o Thor. Você é digno de segurar o Mjölnir!*

Assim,

(e) Thor e Capitão América estão corretos.

94.

a) Ei = Ef

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

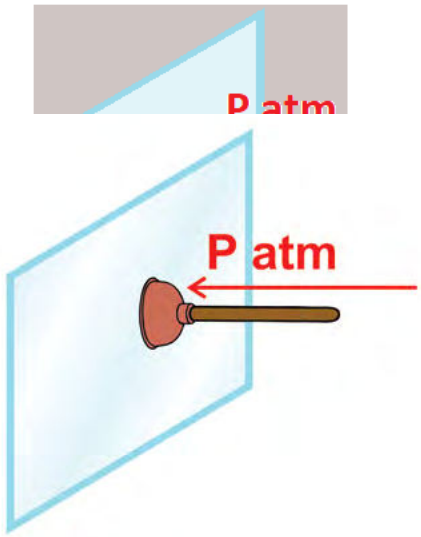
$$kx^2 = mv^2$$

$$1000\ (0{,}4)^2 = 0{,}4v^2$$

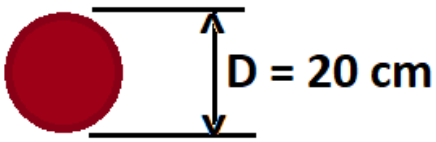
$$1000x0{,}4 = v^2$$

$$400 = v^2$$

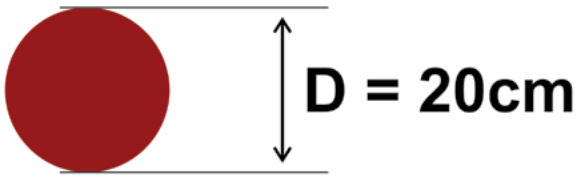
$$v = 20\ m/s$$



b) Quando a chupeta de borracha bate na *e a superfície. Dessa forma, a pressão atmosfér*



A área da c



$$P = \frac{}{A}$$

$$F = P.A = 1x10^5\ x\ 3x10^{-2} = 3x10^3 = 3000\ N$$

95.

a) Como os elásticos são paralelos, temos que:

$$k_{eq} = K_1 + K_2 = 200 + 200 = 400\ N/m$$

b)

$$E = \frac{kx^2}{2} = \frac{4x10^2(1)^2}{2} = 200\ J$$

c)

$$E = \frac{mv^2}{2} = \frac{40x10^{-3}v^2}{2} = 200\ J$$

$$40x10^{-3}v^2 = 400$$

$$v^2 = \frac{400}{40x10^{-3}} = \frac{10}{10^{-3}} = 10.000$$

$$V = 100\ m/s\ (360\ km/h)$$

96.

a) Para as pedras de energia, temos: $I = F.\Delta t = m.\Delta V$

Em 1 segundo, temos 5 tiros de 200 g, totalizando uma massa de 1000 g = 1 kg, com velocidade de 360 km/h (100 m/s).

$$F.\Delta t = m.\Delta V$$

$$F.1 = 1.100$$

$$F = 100\ N$$

Pela Terceira Lei de Newton, as forças trocadas são iguais em módulo. Assim, a força sobre Tundro também será igual a 100 N.

Como ele permanece em repouso, a força resultante sobre ele deve ser nula. Assim, a força de atrito também deve ser igual a 100 N.

b)

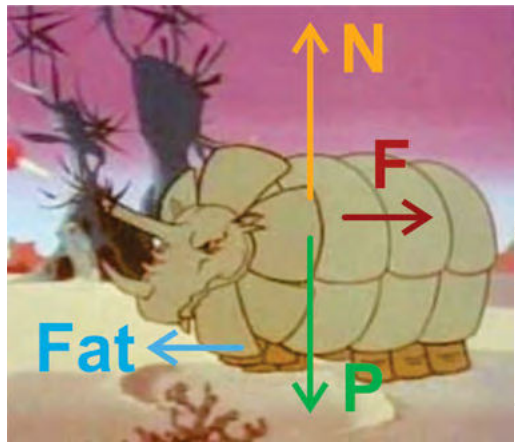
$$Fat = \mu . N \quad e \quad N = P$$

$$Fat = \mu . mg$$

Para permanecer em repouso, Fat = F.

$$F = \mu . mg$$

$$100 = \mu . 10.000x10$$



$$1 = \mu . 1.000$$

$$\mu = 0{,}001$$

c) Como não há força externa, $\vec{F}ext = 0 \rightarrow \vec{I} = 0 \rightarrow \Delta\vec{Q} = 0$*, logo a quantidade de movimento se conserva.*

$$\overrightarrow{Qo} = \vec{Q}$$

$$0 = Mt.Vt - mp.Vp$$

$$Mt.Vt = mp.Vp$$

$$10.000\ Vt = (5x0{,}2)x100$$

$$10.000\ Vt = 1x100$$

$$100\ Vt = 1$$

$$Vt = 0{,}01\ m/s$$

97.

$$d = 5g/cm^3 = 5x10^3\ kg/m^3$$

$$V = 1000\ L = 1\ m^3$$

$$\theta o = 149\ °F = 65°C$$

Lembre-se que ($\frac{\theta c}{5} = \frac{\theta f - 32}{9}$ *)*

$$d = \frac{m}{V}$$

$$m = d.V = 5x10^3x1 = 5000\ kg = 5x10^6 g$$

$$Q = m.c.\Delta\theta$$

$$Q = 5x10^6.0{,}1.(1565 - 65)$$

$$Q = 5x10^6.0{,}1.(1{,}5x10^3)$$

$$Q = 7{,}5x10^8\ cal = 18{,}9x10^8\ J$$

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$$

$$5x10^5 = \frac{18{,}9x10^8}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{18{,}9x10^8}{5x10^6} = 3{,}78x10^2 = 378\ s$$

Como 1 min = 60 s, temos um tempo de 6 minutos e 18 segundos para que o minério comece a derreter.

98. *O volume total deve ser mantido:*

$Vo = Ao.h$

Assim, o volume dos cinco Gloops somados deve ser o mesmo do início.

$$5V = Vo$$

$$V = \frac{Vo}{5}$$

$$5A.h = Ao.h$$

$$5A = Ao$$

$$5\pi R^2 = \pi Ro^2$$

$$5R^2 = Ro^2$$

$$R^2 = \frac{Ro^2}{5}$$

$$R = \frac{Ro}{\sqrt{5}}$$

$$R = \frac{Ro\sqrt{5}}{5}$$

$$R = \frac{80\sqrt{5}}{5} = 16\sqrt{5}\ cm$$

Logo, seu novo diâmetro será D = 2R = $32\sqrt{5} = 71{,}6\ cm$

99. *Embora a eletricidade e o magnetismo sejam "primos", Frankie não agiu corretamente, já que um ímã não pode retirar a eletricidade de um corpo eletricamente carregado. Frankie poderia ter tentado aterrar o Monstro Elétrico-Choque e depois isolá-lo com uma manta de material dielétrico (isolante). Um ímã também não pode atrair uma pessoa, a não ser que ela esteja com metais no corpo.*

100.

$$\Delta t = 30x3{,}2x10^7 = 9{,}6x10^8\ s$$

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\Delta S = v.\Delta t$$

$$\Delta S = 20\frac{km}{s}.9{,}6x10^8 s$$

$\Delta S = 192x10^8\ km$ *= 19,2 bilhões de km (quase quatro vezes mais que a distância entre a Terra e Plutão)*

101. *O choque ocorre pela eletrização por atrito, fenômeno que causa pequenos choques em nosso corpo aqui na Terra também. É mais comum acontecer em dias mais secos: o corpo de Cheetara fica eletrizado por atrito com a atmosfera de seu planeta, que funciona como um bom isolante elétrico. Ao tocar no Thunder Tank, as cargas migram para o metal, o que cria uma pequena corrente elétrica.*

102. *O estalo que um chicote faz é, na verdade, um pequeno "estrondo sônico". A ponta do chicote move-se mais rápido do que a velocidade do som (1.200 km/h). O chicote é, provavelmente, a primeira invenção humana a quebrar a barreira do som.*

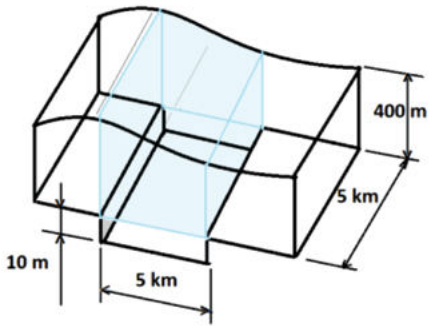
103. *Considere o volume e a massa de água sobre a falha:*

$$V = 5000\ m \times 5000\ m \times 400\ m$$

$$V = 1 \times 10^{10}\ m^3$$

$$1\ m^3 = 1000\ L$$

Como a densidade da água é igual a 1000 kg/m³, temos: $m = 5 \times 10^{13}\ kg$.



Essa massa cai de uma altura de 20 m (afunda). Assim, a energia será potencial:

$$E = mgh$$

$$E = 1 \times 10^{13} \times 10 \times 10 = 10^{15}\ J$$

1 megaton de TNT (1000 quilotons) - $4{,}2 \times 10^{15}\ J$

X - $\mathbf{1 \times 10^{15} J}$

$$x = 1000 \times 10^{15} / 4{,}2 \times 10^{15}$$

$$x = 238\ kton$$

1 bomba Hiroshima - 13 kton

$$N \qquad -238\ kton$$

$$N = 18{,}3\ bombas\ de\ Hiroshima$$

104.

$$U = \frac{3x6{,}67.10^{-11}x(6x10^{24})^2}{5(6{,}4x10^6)}$$

$$U = \frac{720{,}36x10^{37}}{32x10^6}$$

$$U = 22{,}5x10^{31}$$

$$U = 2{,}25x10^{32}J$$

105.

$$Pot = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F.d}{\Delta t} = F.v$$

Logo, a potência transferida pelo carro será igual à força do motor multiplicada pela velocidade do veículo.

Se a velocidade é máxima, a aceleração é nula (não está mais mudando de velocidade). Assim, a força resultante também é nula.

$$Fr = Fmotor - Far$$

$$0 = Fmotor - Far$$

$$Fmotor = Far$$

Assim, temos:

$$Pot = 1500x745 = 1.117.500\ W$$

A potência útil será 80% desse valor, ou seja:

$$P_{útil} = 0{,}8 \times 1.117.500 = 894.000\ W$$

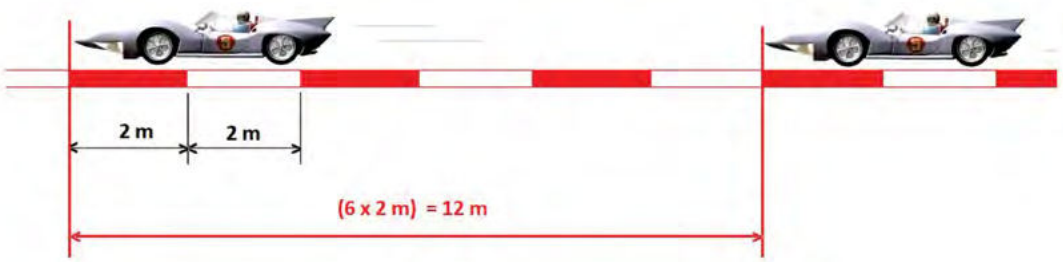
A velocidade máxima do carro é de 489,6 km/h, ou seja, 136 m/s.

Como a potência é dada por $Pot = F.v$*, temos que:*

$$F = \frac{Pot}{v}$$

$$F = \frac{894.000}{136} = 6.573.5\ N$$

106. *Primeiramente, vamos analisar a distância percorrida pelo automóvel nesse intervalo de tempo. Comparando um mesmo ponto do carro, verificamos que ele se deslocou 6 trechos da raia, ou seja,* $\Delta S = 6x2 = 12m$.



Agora temos que descobrir o tempo decorrido entre as duas imagens. Como a câmera filma com 400 Hz, ou seja, 400 imagens a cada um segundo, temos que o intervalo de tempo entre as imagens será dado por:

400 imagens ------ 60 s

1 imagem ---------- Δt

$$\Delta t = \frac{60}{400} = 0{,}15\ s.$$

Logo,

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{12}{0{,}15} = 80\frac{m}{s} = 288\ km/h$$

107.

a)

$$P = \frac{F}{A} = \frac{Peso}{4A} = \frac{mg}{4A}$$

$$A = 50\ cm^2 = 50x10^{-4}m^2$$

$$P = \frac{mg}{4A} = \frac{1000x10}{4x50x10^{-4}} = \frac{10.000}{200x10^{-4}} = 50x10^4 = 5x10^5\frac{N}{m^2} = 5\ atm$$

b) Para o salto, temos $V^2 = Vo^2 + 2a\Delta S$*, em que o carro atinge uma altura de 2,5 m. Na altura máxima, sua velocidade é nula.*

$$0^2 = Vo^2 - 2x10x2{,}45$$
$$0 = Vo^2 - 49$$
$$Vo^2 = 49$$
$$Vo = 7\ m/s$$

Assim, o automóvel de 1.000 kg deve ter sua velocidade vertical alterada de 0 para 7 m/s em um intervalo de tempo de 0,1 s.

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{7}{0{,}1} = 70\ m/s^2$$

A força resultante sobre o veículo é dada por:

$$Fr = Fp - Peso = m.a$$

$$Fp - 10.000 = 1.000.70$$

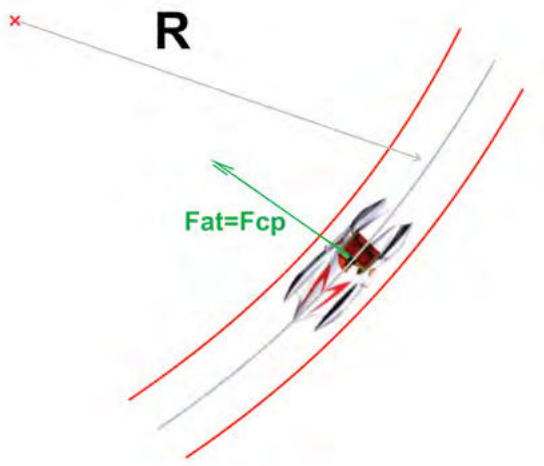
$$Fp - 10.000 = 70.000$$

$$Fp = 80.000\ N$$

Essa força é distribuída em quatro "pernas", fazendo com que cada uma sustente 20.000 N.

c) Assim, a pressão em cada uma será dada por $P = \frac{F}{A} = \frac{20.000}{50x10^{-4}} = 400x10^4 = 40x10^5 = 40\ atm.$

108. *Na curva em terreno horizontal, o que mantém o carro na curva é a força de atrito (Fat), Como ela mantém o carro em uma trajetória circular, ela é igual à resultante centrípeta.*



$$Fat = \mu.N \text{ e a } Fcp = mv^2/R$$

Como Fat = Fcp, temos:

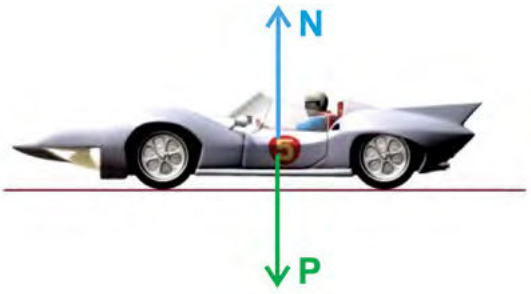
$$\mu.N = \frac{mv^2}{R}$$

Como o terreno é horizontal, a normal (N) deve ser igual ao peso (P), já que não há movimento vertical do veículo (Fr = 0).

Assim, $N = mg.$

$$\mu.mg = \frac{mv^2}{R}$$

$$\mu.g = \frac{v^2}{R}$$



Repare que a velocidade não depende da massa do veículo.

$$v^2 = \mu.gR$$

$$v = \sqrt{\mu.gR}$$

$$v = \sqrt{2{,}5x10x100}$$

$$v = \sqrt{2500}$$

$$v = 50\frac{m}{s} = 180\ km/h$$

109.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Tomando uma volta como referência, temos:

$$v = \frac{2\pi R}{T}$$

Como a frequência é dada por $f = \frac{n}{\Delta t}$ *, para uma volta, temos que* $f = \frac{1}{T}$.

Assim,

$$v = 2\pi R.\frac{1}{T} \rightarrow v = 2\pi R.f$$

f= 600 RPM = 10 Hz (10 rotações por segundo)

$$v = 2.\pi.0{,}5.10$$

$$v = 10\pi \frac{m}{s} \cong 31{,}4\ m/s$$

110. *A energia de cada projétil é dada por* $Ec = \frac{mv^2}{2}$.

- *Calibre .38*

$$Ec = \frac{10{,}2x10^{-3}(259)^2}{2} = 342{,}1\ J$$

- *Calibre .357 Magnum*

$$Ec = \frac{10{,}2x10^{-3}(381)^2}{2} = 740{,}3\ J$$

- *Calibre 9 mm*

$$Ec = \frac{8x10^{-3}(358)^2}{2} = 512{,}6\ J$$

- *Calibre 7,62 mm*

$$Ec = \frac{9{,}7x10^{-3}(838)^2}{2} = 3.405{,}9\ J$$

Assim, o vidro protetor não poderia proteger Speed do projétil 7,62 mm FMJ.

111. *Alternativa e)*

I) (F) *O erro está no fato de afirmar que as ondas de infravermelho podem ser vistas pelo olho humano. Esse tipo de radiação está fora do espectro visível.*

II) (F) *O erro está em assumir velocidades distintas para as ondas eletromagnéticas no vácuo, onde todas possuem o mesmo valor de velocidade, ou seja, 300.000.000 m/s.*

III) (F) *O comprimento de onda da radiação infravermelha é maior que o comprimento da luz vermelha (*$V = \lambda f$*). Como a velocidade é a mesma, a onda de menor frequência (f) terá maior comprimento de onda (*λ*).*

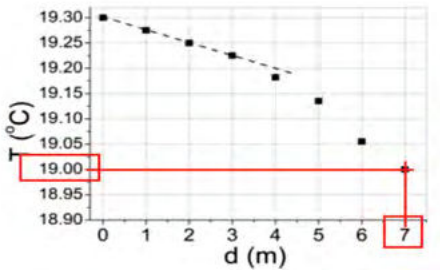
112.

a) Como seu consumo é de 50 ml/(kg.min) e sua massa é de 60 kg, seu consumo será de 50x60 = 3000 ml/min, ou seja, 3 l/min. Como Speed consegue ficar debaixo d'água por 30 minutos, consumiria 30x3 = 90 litros de O_2.

b) A densidade do O_2 comprimido nessa situação é dada por 1 kg de O_2 = 0,754 m^3 = 754 litros.

Como a massa do tanque é de 45 kg, temos nele um volume de 45 kg x 754 l/kg, o que representa 33.930 litros de O_2. Como Speed consumiria 90 litros, restariam 33.840 litros para Mach 5. Assim, seu consumo seria de 33.840/30 =1.128 l/min.

c) Para uma temperatura T = 19°C, tempos uma profundidade de 7 metros.



A cada 10 m de profundidade, aumentamos uma atm. Logo, a diferença de pressão entre a superfície e esse ponto será igual a 0,7 atm, ou $\Delta P = \rho g h = 10^3 x 10 x 7 = 0{,}7 x 10^5\ Pa = 0{,}7\ atm.$

113. *A corrente elétrica é dada por* $i = \frac{\Delta q}{\Delta t}$

$$0{,}6\ A = \frac{1{,}2 Ah}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{1{,}2\ Ah}{0{,}6\ A} = 2\ h = 120\ min$$

114. *Para manter a observação sobre o mesmo ponto da superfície da Terra, o período de rotação deve ser igual a 24 h (T = 86.400 s). Assumindo que a força resultante sobre o*

satélite seja a força centrípeta, em razão da força de atração gravitacional da Terra sobre o satélite, temos que:

$$Fg = Fc \qquad Fg = \frac{GmM}{R^2} \qquad Fc = \frac{mv^2}{R}$$

Em que:

G = 6,67.10-11 N.m/kg (constante gravitacional universal).

m = massa do satélite.

M = 5,98.1024 kg (massa da Terra).

R = distância do satélite ao centro da Terra.

Assim,

$$\frac{GmM}{R^2} = \frac{mv^2}{R}$$

$$\frac{GM}{R} = v^2$$

Mas:

$$v = \frac{2\pi R}{T} \text{ (MCU)}$$

Em que:

$$T = 86.400 \text{ s}$$

Assim,

$$\left(\frac{2\pi R}{T}\right)^2 = \frac{GM}{R} \qquad \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM}{R} \qquad 4.\pi^2.R^3 = GMT^2$$

$$R = \sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}}$$

Substituindo as respectivas grandezas disponibilizadas na expressão anterior, temos que: $R = 4{,}225.10^7\ m$.

$$R = h + r$$

Em que $r = 6378\ km$ *(raio da Terra).*

$$h = R - r = 35.880\ km$$

O Super-Homem precisará colocar o satélite a aproximadamente 36.000 km de distância da superfície da Terra.

115. *(b) Ao receber atrito, o gelo aquece e derrete, formando uma fina camada de água na qual a pedra desliza. Dessa forma, diminui-se o coeficiente de atrito entre o solo e a pedra. Com uma menor força de atrito, há também uma menor desaceleração. Perceba que ela não vai mais rápido, apenas diminui a sua velocidade com uma taxa menor, apesar de continuar a diminui-la.*

116. *Primeiramente, precisamos transformar as temperaturas de °C para K, somando 273 a seus valores.*

$$Ti = 177 + 273 = 450\ K$$

$$Tf = 2 + 273 = 275\ K$$

Considerando que o vagão possui paredes rígidas (volume constante, $V = cte$*), temos um processo isocórico envolvido na resolução dessa proeza. De acordo com a Lei de Gay-Lussac, a volume constante, a pressão de um gás é diretamente proporcional à temperatura absoluta. Portanto, ao aplicar a relação de constância entre o quociente da pressão e do volume de um gás na equação geral dos gases, verificamos que:*

$$\frac{P_i}{T_i} = \frac{P_f}{T_f}$$

Sendo o número de mols da amostra e V constantes, então:

$$\frac{1}{450} = \frac{P_f}{275}$$

$$P_f = 0{,}61\ atm$$

A diferença entre as pressões externa e interna é de 0,39 atm. Como 1 atm é 10^5 N/m³, temos uma força aplicada, de fora para dentro, de 39.000 N/m², ou quase 4 toneladas-força para cada metro quadrado de área.

Na verdade, foi a pressão atmosférica que esmagou o vagão tanque. Quando o tanque foi resfriado pela água, o vapor esfriou e a maior parte se condensou. A pressão interna no tanque (P_f) diminuiu o suficiente para esmagar o tanque de aço sem o menor esforço físico de Gru.

117.

$$V_{H2O} = 1\ L$$

$$d_{H2O} = 1g/cm^3 = 1kg/dm^3 = 1kg/L$$

$$d = \frac{m}{V}$$

$$m = 1kg$$

Se todo o calor for transferido para a água:

$$Q = m.c.\Delta T$$

Em que:

Q = quantidade de calor para aquecer 1 kg de água de 25°C para 100°C.

m = *massa.*

c = *calor específico da água.*

ΔT = *variação de temperatura.*

$$Q = 1000.1.(100 - 25) = 75.000\, cal = 75\, kcal$$

Lembrando que, em 1 kg de gás inflamável, apenas 90% do calor de combustão é transferido para a água; assim, temos que:

$$(8333.0{,}9)\, kcal - 1\, (kg)$$
$$75 kcal - x\, (kg)$$
$$x = 0{,}010 kg = 10 g$$

118.

$$F_{Sol} = F_{Terra}$$
$$I_{sol} . A_{sol} = I_{Terra} . A_{Terra}$$
$$I_{sol} . 4\pi R^2 = I_{Terra} . 4\pi D^2$$
$$\sigma (T_{sol})^4 . 4\pi R^2 = I_{Terra} . 4\pi D^2$$
$$\sigma (T_{sol})^4 . R^2 = I_{Terra} . D^2$$
$$(T_{sol})^4 = \frac{0{,}16}{5{,}67051.10^{-12}} \left(\frac{D^2}{R^2}\right)$$
$$(T_{sol})^4 = \frac{0{,}16}{5{,}67051.10^{-12}} (45{,}92.10^3)$$
$$(T_{sol})^4 = (1{,}296.10^{15})$$
$$T_{sol} = 6000K$$

119.

a) A eficiência é medida pela seguinte relação:

$$\eta = \frac{Potência\ elétrica\ fornecida}{Potência\ térmica\ gerada}$$

$$\eta = \frac{1100MW}{3400MW}$$

$$\eta = 32\%$$

b) A fissão do ^{235}U libera, em média, 200 MeV. Se determinado número de átomos fissionarem durante determinado intervalo de tempo, sob taxa constante, teremos que:

$$P = \frac{\Delta N \times 200MeV}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{P}{200MeV}$$

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = \frac{3400MW}{200M \times (1{,}6 \times 10^{-19}J)}$$

$$\frac{\Delta N}{\Delta t} = 1{,}1 \times 10^{20}\ fissões/s$$

c) Se, para cada 4 átomos de ^{235}U fissionados, 1 for convertido em ^{236}U:

4 átomos -------- 100%

1 átomo -------- 25%

$$\frac{\Delta N_{consumido}}{\Delta t} = \frac{\Delta N\ (100\% + 25\%)}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta N_{consumido}}{\Delta t} = \frac{(1{,}1 \times 10^{20}) \times 1{,}25}{\Delta t(s)}$$

$$\frac{\Delta N_{consumido}}{\Delta t} = 1{,}33 \times 10^{20}\ átomos/s$$

Considerando a massa de cada átomo de ^{235}U de 235u (1 unidade de massa atômica = 1,66 x10^{-27}), a taxa em que ele é consumido é de:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{\Delta N_{consumido} \times 235u}{\Delta t}$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \frac{1{,}33 \times 10^{20}\ \times (3{,}9 \times 10^{-25} kg)}{\Delta t(s)}$$

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = 5{,}19 \times 10^{-5} kg/s$$

ou

4,5kg/dia

d) A uma taxa constante:

$$m(t) = m(0) - \frac{\Delta m}{\Delta t} \times t$$

$$0 = 3\% \times 8{,}6\ \times 10^{4} kg - \frac{4{,}5 kg}{\Delta t(dia)} \times t$$

$$t = \frac{{}^{3}/_{100} \times 8{,}6\ \times 10^{4} kg}{4{,}5\ kg/dia}$$

$$t = 570\ dias$$

120. *A emissão alfa é constituída de partículas positivas, radiação lenta e pequeno poder de penetração.*

A emissão beta é constituída de partículas negativas, emissão em alta velocidade e médio poder de penetração.

A emissão gama é constituída de ondas eletromagnéticas, não possui carga e possui maior poder de penetração que as emissões alfa e beta.

Então, a sequência é:

(II)

(I)

(III)

121. *Dados fornecidos:*

$L = 16\ cm = 0{,}16\ m$

$r = 1{,}4\ cm = 0{,}014\ m$

$E = 2{,}9 \times 10^4\ N/C$

O campo elétrico é radial e aponta para fora a partir do fio central. Deseja-se calcular o valor do campo elétrico na região entre o fio e a parede do cilindro em função da distância L.

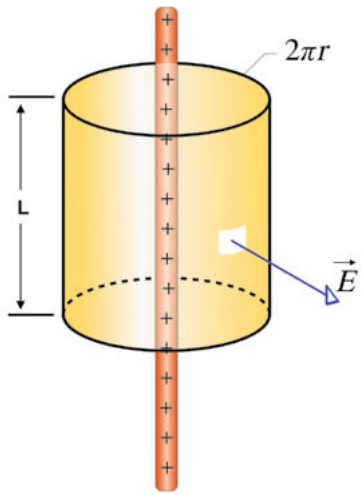
O campo elétrico é relacionado à carga pela expressão:

$$q = \varepsilon_0 \times E \times A$$

Em que:

ε_0 *= constante de permissividade do meio.*

A = área lateral do cilindro $(2\pi \times r \times L)$.



Assim, a quantidade de carga (q) pode ser obtida por:

$$q = 2\pi \times \varepsilon_0 \times r \times L \times E$$

Substituindo os valores:

$$q = 2\pi \times \varepsilon_0 \times r \times L \times E$$
$$q = 2\pi(8{,}85 \times 10^{-12})(0{,}014)(0{,}16)(2{,}9 \times 10^{4})$$
$$q = 3{,}6 \times 10^{-9} C = 3{,}6\ nC$$

122. *(e) Pela equação de Einstein ($E = m.c^2$), temos que m é a massa que sofreu a fissão (0,001kg) e c é a velocidade da luz no vácuo. Então:*

$$E = m \times c^2$$
$$E = (0{,}001) \times (3 \times 10^{8})^2$$
$$E = 10^{-3} \times (9 \times 10^{16})$$
$$E = 9 \times 10^{13}\ J$$

123. *A velocidade de escape é obtida assumindo que toda a energia cinética do corpo no instante do lançamento é transformada em energia potencial gravitacional. Tal velocidade também não depende da direção de lançamento do corpo. Portanto, se igualarmos a energia cinética à energia potencial gravitacional, temos:*

$$\frac{mv^2}{2} = mgR \rightarrow g = \frac{GM}{R^2} \rightarrow v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

Em que:

m = massa do corpo em kg.

M = massa do planeta em kg.

g = aceleração da gravidade em m/s^2.

G = constante de gravitação universal.

R = raio da Terra em m.

v = velocidade de escape em m/s.

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

$$v = \sqrt{\frac{2 \times (6{,}67 \times 10^{-11}) \times (5{,}976 \times 10^{24})}{6{,}378 \times 10^{6}}}$$

$$v = \sqrt{124991909{,}7}$$

$$v \approx 11200\ m/s = 11{,}2\ km/s$$

Ou seja, um objeto precisa atingir a velocidade mínima de 11,2 km/s para vencer a gravidade da Terra.

124.

a) A energia cinética de um corpo somente se altera se atuar sobre ele uma força realizando trabalho. Portanto, se Guido estiver em repouso e sobre ele atuar uma força que o coloque em movimento, por meio de trabalho, essa força lhe confere energia cinética. Da mesma forma, se ele estiver em movimento e uma força agir sobre ele variando sua velocidade, sua energia cinética também vai variar. Por ser um super-herói, essa força poderia prover de propulsores embutidos em suas luvas ou botas.

b) Quando adquire maior quantidade de energia cinética, o super-herói não tem sua força ampliada no sentido físico. Contudo, essa descrição pode significar que ele possua uma maior capacidade de destruição, pois, ao se chocar contra um inimigo e parar, ele perde uma grande quantidade da energia cinética absorvida.

125. *Quando iluminado por luz monocromática amarela, a parte azul dos uniformes absorve toda a luz amarela e não reflete no espectro visível, enquanto a parte branca dos uniformes*

reflete toda a luz amarela. Dessa forma, quando assistiu às imagens, o cinegrafista observou os uniformes nas cores preta e amarela.

Resposta correta: alternativa "d".

126. *(a)*

$$V_{0y} = 72\ km/h = 20\ m/s$$

$$V_{0y} = V_0 \times sen30^o$$

$$V_{0y} = 20 \times \frac{1}{2}$$

$$V_{0y} = 10\ m/s$$

Funções horárias: $\begin{cases} V_y = 10 - 10t \\ y = 10t - 5t^2 \end{cases}$

Na altura máxima, $V_y = 0$, logo:

$$0 = 10 - 10t$$

$$10t = 10$$

$$t = \frac{10}{10}$$

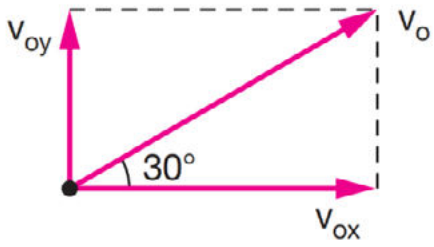
$$t = 1s$$

Substituindo:

$$y = 10t - 5t^2$$

$$y = 10 \times 1 - 5 \times 1^2$$

$$y = 5\ m$$



126. $Fmag = Fcp$

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$qB = \frac{mv}{R}$$

$$m = \frac{RqB}{v}$$

$$m = \frac{0{,}36x1{,}6x10^{-19}x4}{3{,}2x10^{5}}$$

$$m = \frac{0{,}36x10^{-19}x4}{2x10^{5}}$$

$$m = \frac{0{,}36x10^{-19}x2}{10^{5}}$$

$$m = 7{,}2x10^{-25}kg$$

127. *(c)*

A sombra do pedal executa um movimento harmônico simples (MHS) sobre o diâmetro AB.

128.

$$Fmag = Fcp$$

$$qvB = \frac{mv^2}{R}$$

$$qB = \frac{mv}{R}$$

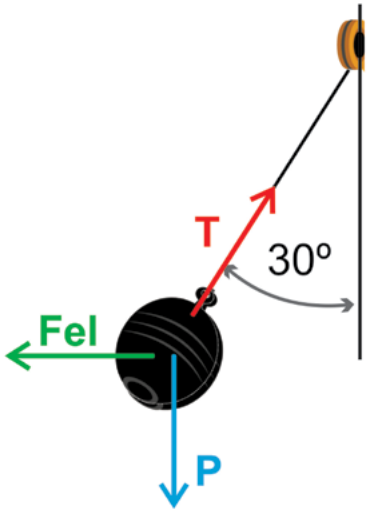
$$m = \frac{v}{qBR}$$

$$m = \frac{3{,}2x10^{5}}{1{,}6x10^{-19}x4x5{,}0x10^{-1}}$$

$$m = 0.1x10^{-15} = 1x10^{-16}kg$$

129.

a) Analisando as forças que temos na bola:

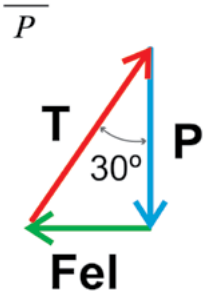


Como o corpo se encontra em repouso, a somatória das forças deve ser zero:

$$tg30° = \frac{Fel}{P}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{3} = \frac{Fel}{2000}$$

$$Fel = \frac{2000\sqrt{3}}{3}\ N$$



b) $E = \frac{F}{q}$

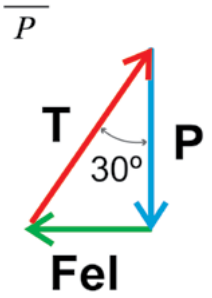
$$E = \frac{2000\sqrt{3}}{3x5} = \frac{400\sqrt{3}}{3}\ N/C$$

c)

$$Fel = \frac{2000\sqrt{3}}{3}\ N$$

$$P = 2000\ N$$

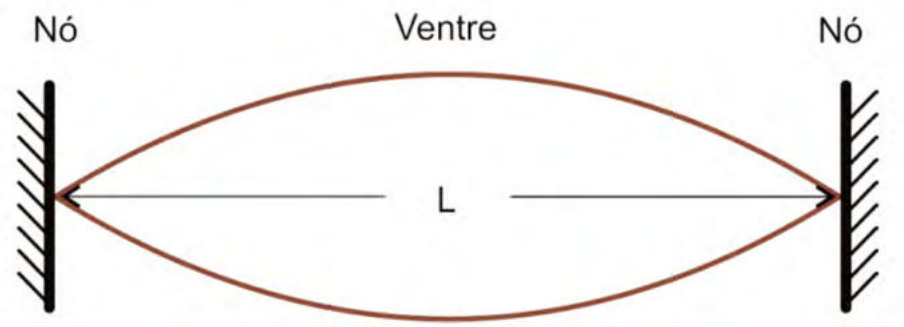
$$cos30° = \frac{P}{T}$$

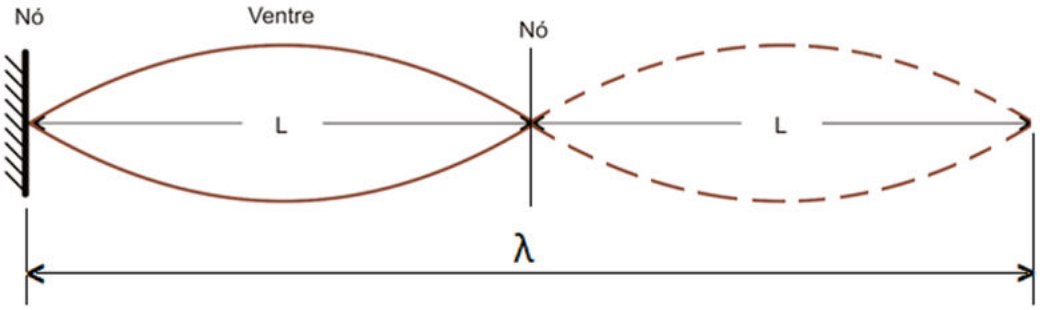


$$\frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{2000}{T}$$

$$T = \frac{4000}{\sqrt{3}} = \frac{4000\sqrt{3}}{3}\ N$$

130. *Com a corda solta, temos o primeiro harmônico, ou harmônico fundamental.*





Assim, o comprimento dessa onda (λ*) é* $\lambda = 2\ L$.

Como $v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$

Para uma onda, temos:

$$\Delta S = \lambda$$

$$\Delta t = T$$

$$\frac{1}{T} = f$$

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

$$v = \lambda f$$

$$v = 1{,}2x440$$

$$v = 1{,}2x440$$

$$V = 528\ m/s$$

131.

a)

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$97 = \frac{2}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{2}{97} h$$

$$\Delta t = \frac{2}{97} x60 = \frac{120}{97}\ min$$

$$\Delta t = 1{,}237\ min = 1\ min\ e\ 14\ s$$

b)

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$v = \frac{100}{9{,}58} = 10{,}43 \frac{m}{s}\ \ (37{,}55\ km/h)$$

$$10{,}43 = \frac{2000}{\Delta \mathrm{t}}$$

$$\Delta \mathrm{t} = \frac{2000}{10{,}43} = 191.75\ s$$

$$\Delta \mathrm{t} = 3{,}2\ min = 3 \min e\ 12\ s$$

c) O infravermelho é um tipo de radiação eletromagnética que apresenta frequência menor que a da luz vermelha e, por isso, não está dentro do espectro eletromagnético visível. Por esse motivo, essa radiação não pode ser percebida pelo olho humano. Essa radiação está associada ao calor. Um exemplo disso é que, ao colocar a mão nas proximidades de um corpo quente, é possível sentir o calor, mesmo que não possamos enxergá-lo.

Os controles remotos enviam as informações aos respectivos receptores por meio da radiação infravermelha. Geralmente, apontando a câmera de um celular para o controle remoto, enquanto apertamos algum botão, podemos enxergar aquela pequena lâmpada presente em alguns modelos, acendendo.

Todos os corpos emitem ondas na região do infravermelho, independentemente de sua temperatura. Animais como as cobras possuem a capacidade de enxergar esse tipo de radiação e, assim, podem caçar suas presas mesmo no escuro. Dessa forma, Cyborg conseguiria enxergar no escuro.

Nota: a radiação infravermelha foi descoberta pelo astrônomo William Herschel (1738-1822), após repetir o experimento feito por Isaac Newton. Herschel dispersou a luz solar com a ajuda de um prisma, procurando a cor que possui maior temperatura incidindo os feixes sobre o bulbo de um termômetro. Foi quando ele percebeu que a região de frequência um pouco menor que a da luz vermelha era a região mais quente.

132.

a)

$$\Delta P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A}$$

$$P = \frac{90x10}{1{,}5} = \frac{900}{1{,}5} = 600\ N/m^2$$

b)

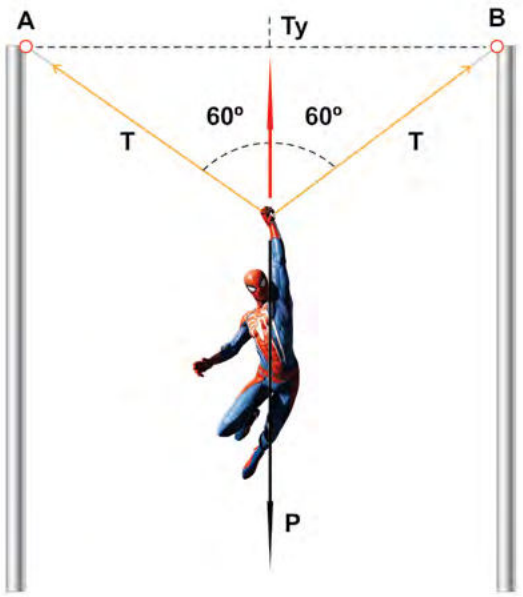
$$\Delta P = \frac{\rho V^2}{2}$$

$$600 = \frac{1{,}2V^2}{2}$$

$$600 = 0{,}6V^2$$

$$V^2 = 1000$$

$$V = 31{,}63\ m/s\ (113{,}8\ km/h)$$



133.

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda 1 = \frac{1{,}5x10^3}{1x10^6} = 1{,}5x10^{-3}\ m$$

$$= 1{,}5\ mm$$

$$\lambda 2 = \frac{1{,}5x10^3}{10x10^6} = 0{,}15x10^{-3}\ m$$

$$= 0{,}15\ mm$$

134. *Pede-se a razão* $\frac{T}{P}$*. Então, decompondo as forças que atuam sobre o ponto:*

$$P = 2 \times T_y$$

$$P = 2 \times T\ cos\ 60^o$$

$$P = 2 \times T \times \frac{1}{2}$$

$$P = T$$

$$\frac{T}{P} = 1$$

135. *Chamando o ponto em que Goten está no alto do escorregador de ponto A, e o ponto em que chega ao solo de B, devemos igualar as energias da seguinte forma:*

$$E_{P_A} + E_{C_A} = E_{P_B} + E_{C_B} + E_{dissipada}$$

No ponto A, não existe a presença de energia cinética, enquanto no ponto B não há energia potencial. Então,

$$E_{P_A} + 0 = 0 + E_{C_B} + E_{dissipada}$$

$$m \times g \times h_A = \frac{m \times v_B^2}{2} + E_{dissipada}$$

$$20 \times 10 \times 2 = \frac{20 \times 6^2}{2} + E_{dissipada}$$

$$400 = 360 + E_{dissipada}$$

$$E_{dissipada} = 400 - 360$$

$$E_{dissipada} = 40\,J$$

136. *(e)*

A expressão para o cálculo da pressão em um fluido é deduzida a partir da clássica relação da força aplicada sobre uma área.

$$P = \frac{F}{A} \rightarrow P = \frac{mg}{A}$$

Se levarmos em conta que a massa do fluido (m) é relacionada com seu volume (V) e sua densidade (d), temos:

$$d = \frac{m}{V} \rightarrow m = d \times V$$

Substituindo:

$$P = \frac{d \times V \times g}{A}$$

Como $V = A \times h$*, em que A é a área da base e h é a altura do recipiente que contém o fluido:*

$$P = \frac{d \times A \times h \times g}{A}$$

$$P = dgh$$

Porém, essa expressão foi deduzida supondo que o fluido em questão seja incompressível. Isso é válido, e uma aproximação muito boa, quando o fluido é um líquido de baixa viscosidade, como a água. No entanto, no caso dos gases, que são facilmente compressíveis, a validade da expressão é comprometida.

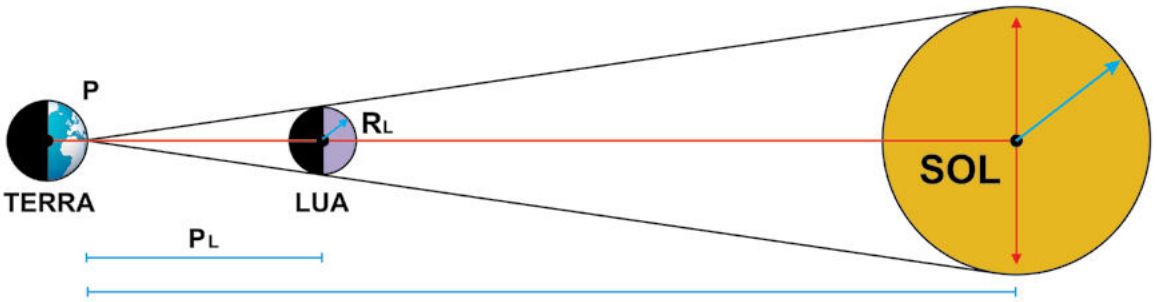
137. *(a)*

A primeira foto corresponde a um observador localizado próximo à região de eclipse total, mas que ainda pode ver uma pequena parte do Sol à sua esquerda. Assim, o observador está posicionado na região III.

A segunda foto corresponde a um observador localizado próximo à região onde a percepção do Sol é completa, mas com a Lua ocultando parte do seu lado esquerdo. Esse observador se encontra na região V.

A terceira foto também corresponde a um observador próximo à região onde a percepção do Sol é completa, mas com a Lua ocultando parte do seu lado direito. Trata-se de um observador localizado na região II.

138. *Primeiramente, identificamos as distâncias entre Cacto no ponto P e o centro da Lua (P_L), e a distância entre Cacto no ponto P e o centro do Sol (P_S).*



Por semelhança entre triângulos:

$$\frac{R_S}{R_L} = \frac{P_S}{P_L}$$

Pelo enunciado, $\frac{R_S}{R_L} = 4 \times 10^2$.

$$4 \times 10^2 = \frac{P_S}{3{,}75 \times 10^5}$$

$$P_S = (3{,}75 \times 10^5) \times (4 \times 10^2)$$

$$P_S = 1{,}5 \times 10^8\ km$$

A distância entre Cacto e o centro do Sol é de 150.000.000 km.

139. *Podemos considerar o movimento relativo entre os dois veículos.*

$$Sr - Sor = vor\ t + ar\frac{t^2}{2}$$

Como eles andam no mesmo sentido, as grandezas relativas são dadas pela diferença entre os dois:

$$vor = vo1 - vo2 = 0 \ (\text{já que as velocidades eram iguais})$$

$$Sr - \ Sor = 100\ m$$

$$ar = a2 - a1$$

$$100 = ar\frac{10^2}{2}$$

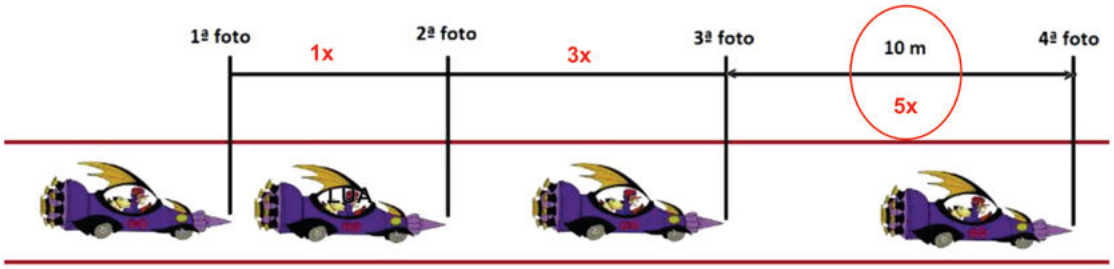
$$ar = 2$$

$$a2 - a1 = 2$$

$$a2 - 1 = 2$$

$$a2 = 3\ m/s^2$$

140. *Podemos aplicar a relação de Galileu, em que, para qualquer movimento acelerado, à partir do repouso, as distâncias variam segundo os ímpares:*



Se 5x = 10 m, logo x = 2 m. Voltando para o primeiro percurso, em que vo = 0, temos:

$$S = \ So + vot + a\frac{t^2}{2}$$

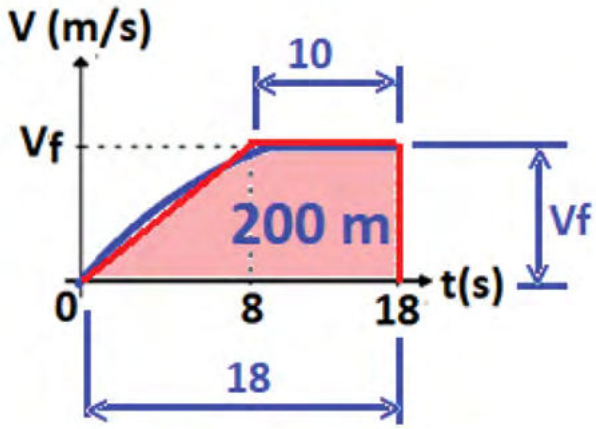
$$2 = 10\frac{t^2}{2}$$

$$t^2 = 0{,}4$$

$$t = 0{,}63\ s$$

141. *Como os carros possuem velocidade de 10 m/s cada um, demorarão 15 s para percorrer os 300 m (aproximam-se com velocidade relativa de 20 m/s). A mosca só voará até que os carros colidam, ou seja, voará por 20 s. Como a mosca voa 15 m/s, durante os 15 s de voo, ela percorrerá uma distância de 15x15 = 225 m.*

142. *A área da figura equivale à distância percorrida, ou seja, 200 m. A figura pode ser facilmente aproximada a um trapézio.*



$$A = (B + b).\frac{h}{2}$$

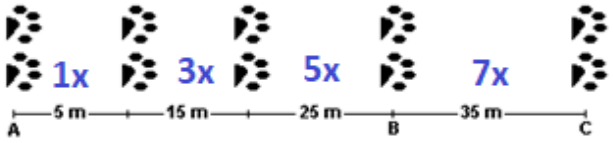
$$200 = (18 + 10).\frac{Vf}{2}$$

$$200 = 28\frac{Vf}{2}$$

$$200 = 14Vf$$

$$Vf = \frac{200}{14} = 14{,}28\frac{m}{s} = 51{,}4\ km/h$$

143. *Repare que as marcas seguem a mesma proporção, logo sua aceleração é constante.*



Podemos analisar qualquer pedaço.

$$5 = a\frac{1^2}{2}$$

$$a = 10\frac{m}{s^2}$$

Para chegar ao ponto C, passaram-se 4 segundos.

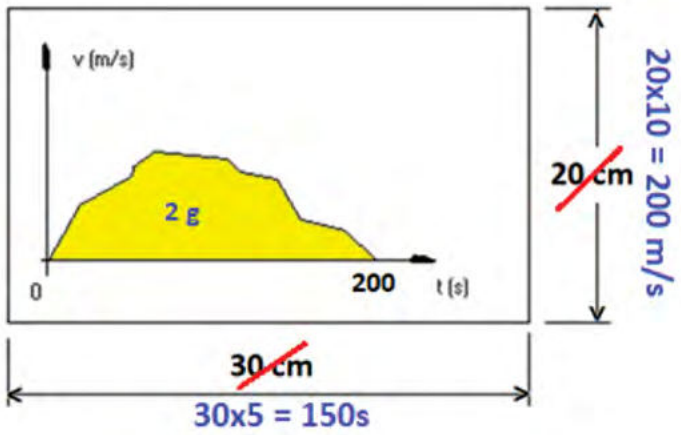
$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$10 = \frac{Vc}{4}$$

$$Vc = 40\ m/s$$

144. *(c)*

Primeiramente, vamos aplicar as escalas no cartão, já que o desenho não tem dimensões bem definidas. A área desse cartão corresponde agora a um valor de ΔS.



$$\Delta S = 150x200\ m$$

$$\Delta S = 30.000\ m$$

Como o cartão é homogêneo, temos a mesma densidade superficial nele todo. Logo,

$$Ac - mc$$

$$Ag - mg$$

$$30.000 - 12$$

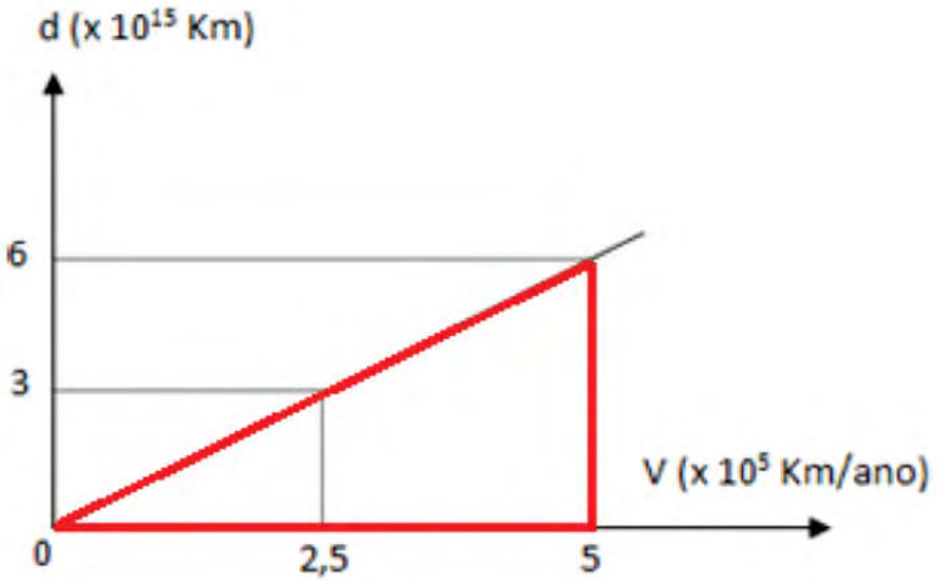
$$Ag - 2$$

$$Ag\ = \Delta S = \frac{60.000}{12} = 5.000\ m$$

$$Vm = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{5.000}{200} = 25\ m/s$$

145. *Como o gráfico relaciona velocidade com distância e é linear, temos:*

$$v = \frac{d}{t} \rightarrow\ t = \frac{d}{v}$$



$$t = \frac{6x10^{15}}{5x10^{5}} = 1{,}2x10^{10} = \ 12x10^{9}\ anos$$

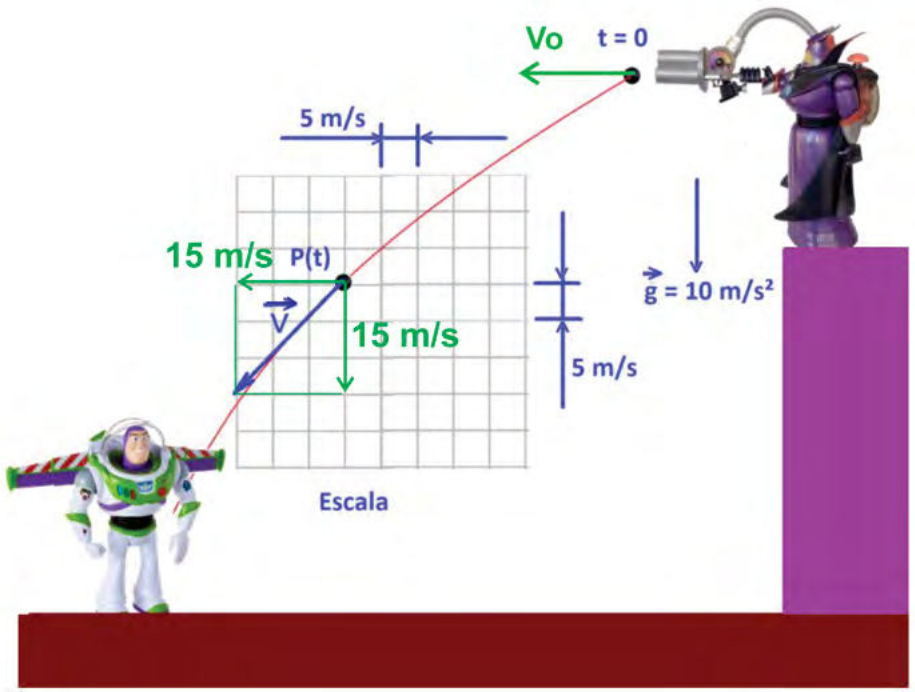
$$t = 12\ bilhões\ de\ anos$$

146.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{6.800\ km}{120.000.000\ anos} = \frac{680.000.000\ cm}{120.000.000\ anos}$$

$$v = 5{,}67\ cm/ano$$

147. *No lançamento horizontal, a velocidade horizontal é constante pelo fato de não existirem forças atuando nesse eixo. Separando o vetor velocidade no ponto P em duas componentes, temos:*



Como a velocidade horizontal é 15 m/s, o valor de Vo também será o mesmo. Assim Vo = 1 m/s.

No eixo y (vertical), a velocidade é de 1 m/s, mas ela partiu do repouso.

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t}$$

$$10 = \frac{15}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{15}{10} = 1{,}5\ s$$

148. *(d)*

Para interagir com as cargas elétricas e mudar seu deslocamento, é preciso que seja gerado um campo magnético oscilando no tempo, pois ele provocará um campo elétrico que mudará o deslocamento das cargas elétricas (justificando I e negando III). Apesar disso, as cargas em movimento não podem ser meramente desfeitas e devem ser neutralizadas de alguma forma, por isso usar uma torre de transmissão metálica como condutor para lançar as cargas na terra, como um tipo de para-raios, e a imensa disponibilidade de cargas livres no solo como aterramento é uma opção válida (validando II).

Já o item III não é verdadeiro, pois, além da interação dos campos em movimento, os elétrons possuem propriedades magnéticas intrínsecas (spin).

149. *Se Magneto pudesse induzir campos magnéticos circulares oscilando no tempo, poderia gerar um efeito equivalente, induzindo um campo elétrico no interior dos círculos. Se esses campos fossem intensos o suficiente para que ocorresse a ruptura dielétrica do ar, então sim, ele poderia gerar correntes elétricas como as de Tempestade.*

150. *(b)*

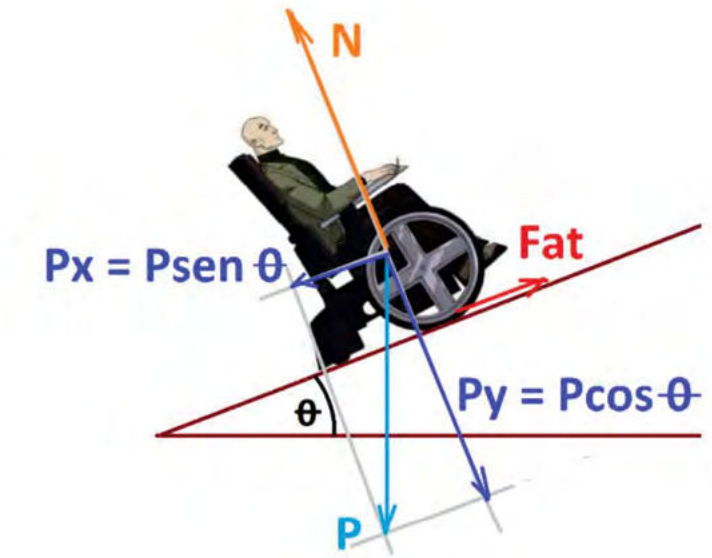
Materiais diamagnéticos reagem a campos magnéticos gerando uma repulsão, ou seja, repelindo a fonte de campo magnético. Logo, se o campo for gerado na direção contrária ao movimento, vai fazer com que a repulsão seja a favor do movimento, acelerando as lâminas na direção em

que se movem. Logo, para repelir as lâminas, Magneto deveria gerar um campo a favor do movimento delas.

151. *Uma vez que o laser é uma forma de geração de luz e as equações de Maxwell demonstram que a luz é uma onda eletromagnética (composta de campos elétricos e magnéticos), Magneto poderia distorcer os campos magnéticos de forma a neutralizar ou mudar a direção da propagação da luz.*

A FÍSICA AJUDANDO PESSOAS COM DEFICIÊNCIA, MESMO QUE ELAS SEJAM "SUPER"!

152. *Consideremos as forças que atuam sobre a cadeira:*



Na condição de equilíbrio, temos que:

$$Px = Fat$$

$$N = Py$$

Como $Fat = \mu N$, *temos:*

$$Px = \mu N$$

$$Px = \mu Py$$

$$\mu = \frac{Px}{Py} = \frac{Psen\theta}{Pcos\theta} = \frac{sen\theta}{cos\theta} = tg\theta$$

Esse é o menor coeficiente de atrito capaz de garantir a subida. Repare que ele não depende da massa da pessoa e da cadeira.

$$\mu = tg\theta = \frac{sen\theta}{cos\theta} = \frac{0{,}6}{0{,}8} = 0{,}75$$

Assim, $\mu > 0{,}75$

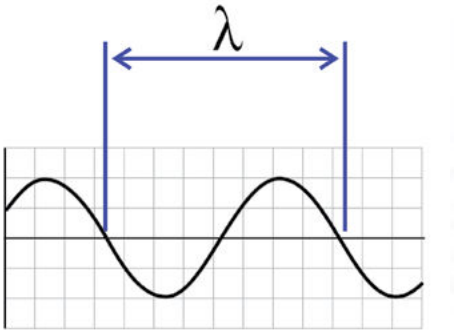
153. *Para uma onda sonora, temos:*

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda.\frac{1}{T} = \lambda f$$

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v}{f}$$

$$\lambda 1 = \frac{340}{20} = 17\ m \quad e \quad \lambda 2 = \frac{340}{20.000} = 17\ mm$$



Assim, um ouvido humano consegue distinguir ondas com comprimento de onda entre 17 mm e 17 m.

154. *A distância percorrida pelo som durante esse período de tempo é:*

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

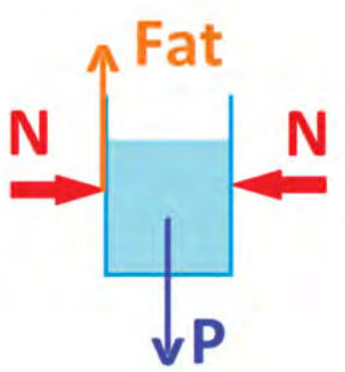
$$\Delta S = v.\Delta t$$

$$\Delta S = 340.3x10^{-6}$$

$$\Delta S \cong 1000x10^{-6} = 1x10^{-3}\ m$$

Portanto, sua precisão será de 1 mm.

155. *Para não escorregar, temos que Fat = P.*



Assim, temos:

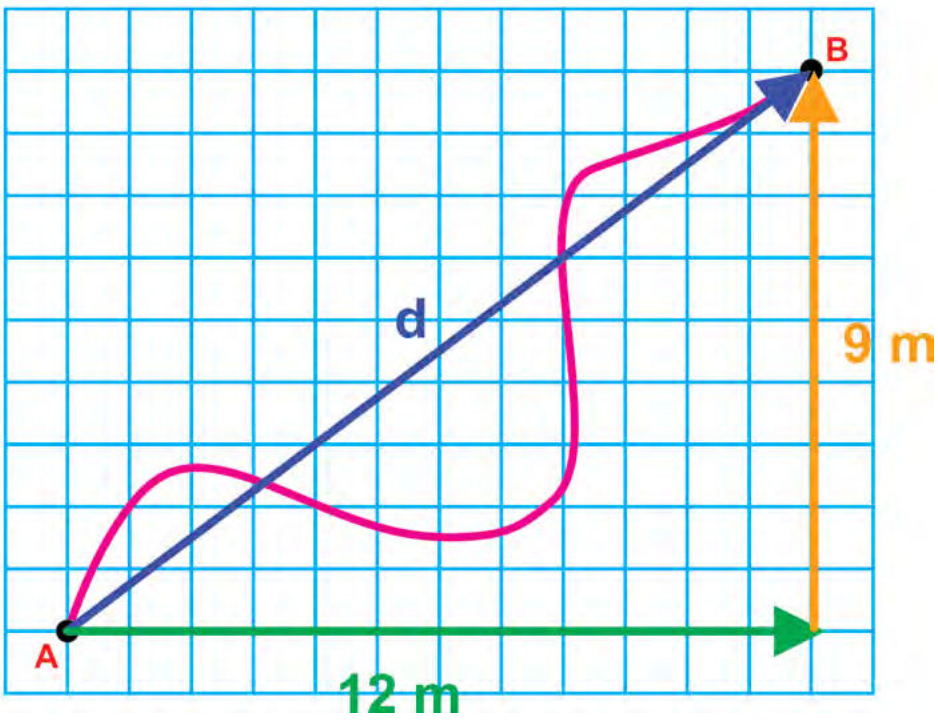
$$\mu.N = mg$$

$$\frac{\mu.N}{g} = m$$

$$m = \frac{0{,}8x2}{10}$$

$$m = \frac{1{,}6}{10} = 0{,}16\ kg = 160g$$

156. *Traçando o vetor que liga os pontos A e B, temos:*



Aplicando o Teorema de Pitágoras, temos que:

$$d^2 = 12^2 + 9^2$$

$$d^2 = 144 + 81$$

$$d^2 = 225$$

$$d = 15\ m$$

$$\overrightarrow{|Vm|} = \frac{|\vec{d}|}{\Delta t} = \frac{15}{10} = 1{,}5\ m/s$$

157.

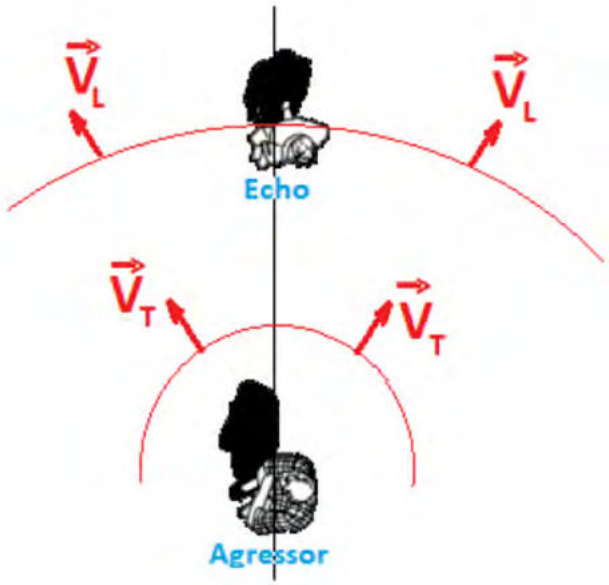
$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\Delta S = V_T . \Delta t_T = V_L . \Delta t_L$$

$$V_T . \Delta t_T = V_L . \Delta t_L$$

$$\frac{\Delta t_T}{\Delta t_L} = \frac{V_L}{V_T} = \frac{150}{50} = 3$$

$$\Delta t_T = 3\Delta t_L$$



$$\Delta t_T - \Delta t_L = 50x10^{-3}\ s$$

$$3\Delta t_L - \Delta t_L = 50x10^{-3}\ s$$

$$2\Delta t_L = 50x10^{-3}\ s$$

$$\Delta t_L = 25x10^{-3}\ s$$

$$\Delta S = V_L.\Delta t_L$$

$$\Delta S = 150.25x10^{-3}$$

$$\Delta S = 3.750x10^{-3}\ m$$

$$\Delta S = 3{,}75\ m$$

158.

a)

$$v = \lambda f$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{34.000} = \frac{1}{100} m = 1\ cm$$

b)

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta S}{v}$$

$$\Delta t_i = \frac{1{,}7}{340} = 0{,}005\ s$$

$$\Delta t_v = \frac{2{,}04}{340} = 0{,}006\ s$$

$$\Delta t = 0{,}005 + 0{,}006 = 0{,}011 s = 11\ ms$$

c) Em uma reflexão, a frequência da onda não é modificada e depende apenas da própria fonte. Logo, a sua frequência será de 34 kHz.

159.

$$k = 1.000 \frac{N}{cm} = 100.000 \frac{N}{m}$$

$$x = 20\ cm = 20x10^{-2}\ m$$

$$Ep = \frac{kx^2}{2}$$

$$Ep = \frac{1x10^5.(20x10^{-2})^2}{2}$$

$$Ep = \frac{1x10^5.400x10^{-4}}{2}$$

$$Ep = 2.000\ J$$

160. *Como a resistência é proporcional à área, para suportar o triplo da massa (logo, do peso), a muleta precisará de uma área 3 vezes maior.*

$$A = \pi R^2$$

$$A = 3Ai$$

$$\pi R^2 = 3(\pi x 3^2)$$

$$R^2 = 3x3^2$$

$$R = 3x\sqrt{3}\ cm = 5{,}2\ cm$$

161.

a) Como sua massa diminuiu de 120 kg para 45 kg, ele perdeu 75 kg.

A conversão de massa em energia é dada por $E = mc^2$.

$$E = 45(3x10^8)^2$$

$$E = 45x9x10^{16}$$

$$E = 405x\,x10^{16}$$

$$E = 4{,}05x10^{18}\ J$$

b)

$$E = mgh$$

$$E = 45x10x0{,}5 = 225\ J$$

162. *Para que o equilíbrio aconteça, o momento resultante deve ser nulo:*

$$Mr = 0$$

$$F.d - P.L = 0$$

$$F.d = Mg.L$$

$$F.0{,}04 = 200x10.0{,}4$$

$$F = \frac{200x10x0{,}4}{0{,}04} = 20.000\ N$$

Na condição de equilíbrio, a força resultante deve ser nula:

$$Fr = 0$$

$$C + P - F = 0$$

$$C = F - P$$
$$C = 20.000 - 2.000$$
$$C = 18.000\ N$$

163. *(e)*

A propriedade que trata de agudos e graves é a frequência. Quanto mais alta a frequência, mais agudo o som. Assim, a propriedade é a altura.

MATRIZ DE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DO ENSINO MÉDIO PRESENTES NOS EXERCÍCIOS DO LIVRO

Matriz de Competências e Habilidades de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias – Ensino Médio

EIXOS COGNITIVOS

I - Dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica.

II - Construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos históricos e geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.

III - Selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.

IV - Relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.

V - Recorrer aos conhecimentos desenvolvidos para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

COMPETÊNCIAS GERAIS

M1 - Compreender as ciências como construções humanas, relacionando o desenvolvimento científico ao longo da história com a transformação da sociedade.

M2 - Compreender o papel das ciências naturais e das tecnologias a elas associadas nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social contemporâneo.

M3 - Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às ciências naturais em diferentes contextos relevantes para sua vida pessoal.

M5 - Compreender organismo humano e saúde, relacionando conhecimento científico, cultura, ambiente e hábitos ou outras características individuais.

M6 - Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los a diferentes contextos.

M7 - Apropriar-se de conhecimentos da física para compreender o mundo natural e para interpretar, avaliar e planejar intervenções científico-tecnológicas no mundo contemporâneo.

HABILIDADES	I	II	III	IV	V
M1	H1	H2	H3	H4	H5
M2	H6	H7	H8	H9	H10
M3	H11	H12	H13	H14	H15
M5	H21	H22	H23	H24	H25
M6	H26	H27	H28	H29	H30
M7	H31	H32	H33	H34	H35

H1 - Identificar transformações de ideias e termos científico-tecnológicos ao longo de diferentes épocas e entre diferentes culturas.

H2 – Utilizar modelo explicativo de determinada ciência natural para compreender determinados fenômenos.

H3 - Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde, ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H4 - Confrontar diferentes interpretações de senso comum e científicas sobre práticas sociais, como formas de produção, e hábitos pessoais, como higiene e alimentação.

H5 - Avaliar propostas ou políticas públicas em que conhecimentos científicos ou tecnológicos estejam a serviço da melhoria das condições de vida e da superação de desigualdades sociais.

H6 – Identificar diferentes ondas e radiações, relacionando-as aos seus usos cotidianos, hospitalares ou industriais.

H7 – Relacionar as características do som a sua produção e recepção, e as características da luz aos processos de formação de imagens.

H8 – Analisar variáveis como pressão, densidade e vazão de fluidos para enfrentar situações que envolvam problemas relacionados à água, ou ao ar, em processos naturais e tecnológicos.

H9 - Comparar exemplos de utilização de tecnologia em diferentes situações culturais, avaliando o papel da tecnologia no processo social e explicando transformações de matéria, energia e vida.

H10 - Analisar propostas de intervenção nos ambientes considerando as dinâmicas das populações, associando garantia de estabilidade dos ambientes e da qualidade de vida humana a medidas de

conservação, recuperação e utilização autossustentável da biodiversidade.

H11 - Utilizar terminologia científica adequada para descrever situações cotidianas apresentadas de diferentes formas.

H12 - Interpretar e dimensionar circuitos elétricos domésticos ou em outros ambientes, considerando informações dadas sobre corrente, tensão, resistência e potência.

H13 - Relacionar informações para compreender manuais de instalação e utilização de aparelhos ou sistemas tecnológicos de uso comum.

H14 - Comparar diferentes instrumentos e processos tecnológicos para identificar e analisar seu impacto no trabalho e no consumo e sua relação com a qualidade de vida.

H15 - Selecionar procedimentos, testes de controle ou outros parâmetros de qualidade de produtos, conforme determinados argumentos ou explicações, tendo em vista a defesa do consumidor.

H21 - Interpretar e relacionar indicadores de saúde e desenvolvimento humano, como mortalidade, natalidade, longevidade, nutrição, saneamento, renda e escolaridade, apresentados em gráficos, tabelas e/ou textos.

H22 - Reconhecer os mecanismos da transmissão da vida e prever a manifestação de características dos seres vivos, em especial, do ser humano.

H23 - Associar os processos vitais do organismo humano (defesa, manutenção do equilíbrio interno, relações com o ambiente,

sexualidade etc.) a fatores de ordem ambiental, social ou cultural dos indivíduos, seus hábitos ou outras características pessoais.

H24 - Avaliar a veracidade e posicionar-se criticamente diante de informações sobre saúde individual e coletiva relacionados a condições de trabalho e normas de segurança.

H25 - Analisar propostas de intervenção social considerando fatores biológicos, sociais e econômicos que afetam a qualidade de vida dos indivíduos, das famílias e das comunidades.

H26 - Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas Ciências, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H27 - Analisar e prever fenômenos ou resultados de experimentos científicos organizando e sistematizando informações dadas.

H28 - Selecionar, em contextos de risco à saúde individual e coletiva, normas de segurança, procedimentos e condições ambientais a partir de critérios científicos.

H29 - Avaliar a adequação a determinadas finalidades de sistemas ou produtos como águas, medicamentos e alimentos a partir de suas características físicas, químicas ou biológicas.

H30 - Selecionar métodos ou procedimentos próprios das Ciências Naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

H31 - Descrever e comparar características físicas e parâmetros de movimentos de veículos, corpos celestes e outros objetos em diferentes linguagens e formas de representação.

H32 - Reconhecer grandezas significativas, etapas e propriedades térmicas dos materiais relevantes para analisar e compreender os processos de trocas de calor presentes nos sistemas naturais e tecnológicos.

H33 - Utilizar leis físicas para prever e interpretar movimentos e analisar procedimentos para alterá-los ou avaliá-los, em situações de interação física entre veículos, corpos celestes e outros objetos.

H34 - Comparar e avaliar sistemas naturais e tecnológicos em termos da potência útil, dissipação de calor e rendimento, identificando as transformações de energia e caracterizando os processos pelos quais elas ocorrem.

H35 - Analisar diversas possibilidades de geração de energia para uso social, identificando e comparando as diferentes opções em termos de seus impactos ambiental, social e econômico.

NOVO ENSINO MÉDIO - APLICAÇÕES NO LIVRO

O novo Ensino Médio tem como objetivo garantir o desenvolvimento de competências, habilidades e valores para formar gerações que saibam lidar com desafios pessoais, profissionais e globais.

Segundo as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), os currículos escolares dessa etapa devem ser compostos por dois elementos principais: a formação geral básica (Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) e os itinerários formativos (conjuntos de atividades que aprofundam áreas de conhecimento ou a formação técnica e profissional).

Os itinerários formativos servem como a parte flexível do currículo escolar do novo Ensino Médio. É a partir deles que os estudantes podem optar pelas disciplinas conforme os seus objetivos e interesses. Os itinerários formativos do Ensino Médio substituem a distribuição do conteúdo das 13 disciplinas tradicionais que costumavam compor os três anos do ciclo do Ensino Médio.

Eles têm o objetivo de aprofundar as aprendizagens, consolidar a formação integral dos estudantes, promover a incorporação de valores universais, como a ética, e desenvolver habilidades que permitam que os alunos tenham uma visão ampla de mundo e sejam capazes de tomar decisões dentro e fora da escola.

Os exercícios do livro podem ser utilizados para trabalhos na Área do Conhecimento de **Ciências da natureza e suas tecnologias**, servindo como ponte para as demais áreas. Sugere-se uma inclusão de professores de Ciências Sociais, Linguagens e Matemática para a discussão por outros pontos de vista do universo dos heróis, com a exploração da Arte, das Linguagens, da Mitologia, da Filosofia, da História e da Sociologia. Analisamos aqui abordagens da Física, mas esperamos inspirar também análises de Biologia e Química dos heróis.

Os itinerários formativos se organizam a partir de quatro eixos estruturantes. Eles conectam experiências educativas com a realidade contemporânea e auxiliam os alunos a desenvolver habilidades relevantes para a formação integral. São eles: Investigação Científica, Processos Criativos, Mediação e Intervenção Cultural e Empreendedorismo.

Esperamos que o livro possa ajudar a trabalhar os eixos estruturantes por meio da criatividade, da investigação científica, da cultura e do empreendedorismo – o universo dos heróis é responsável por gerar fortunas.

Os alunos podem ser envolvidos na elaboração de projetos com foco na criatividade, que incluam a utilização de diferentes manifestações linguísticas, culturais e científicas. Também podem começar com a definição de um problema ou tema a ser abordado e, em seguida, planejar uma resposta a ele, que pode ser um produto, uma intervenção artística, uma peça de comunicação, entre diversas outras possibilidades.

APÊNDICE 1 – GRANDEZAS ÚTEIS

$\pi = 3,14$	$\pi^2 = 10$	1 rad = 57,3°	1° = 0,0175 rad
$\log_{10} \pi = 0,5$	$\log_{10} 3 = 0,48$	$\log_{10} e = 0,434$	e = 2,72
$\log_e 10 = 2,3$	$\log_{10} 2 = 0,3$	$\sqrt{2} = 1,41$	$\sqrt{3} = 1,7$
g (aceleração da gravidade/campo gravitacional)			10 m/s^2 ou N/Kg
Densidade de sólidos e líquidos			$10^3 – 10^4$ Kg/m^3
Densidade média da Terra			5,5 x 10^3 Kg/m^3
Massa da Terra			6 x 10^{24} Kg
Volume da Terra			1 x 10^{21} m^3
Velocidade média de translação da Terra			30.000 m/s
Campo magnético da Terra (em Washington) (B)			5,7 x 10^{-5} T
Densidade do ar ao nível do solo			1 Kg/m^3
Velocidade do som no ar seco (cntp)			340 m/s
Um dia			10^5 s
Um ano			3,16 x 10^7 s
Raio da Terra			6400 Km
Ângulo submetido pela largura de um dedo c/ o braço estendido			1°
Espessura de uma folha de papel			0,1 mm
Massa de um clipe para papel			0,5 g
Montanhas e profundidades maiores dos oceanos			10 Km
Distância Terra-Lua			3,8 x 10^5 Km
Distância Terra-Sol			1,5 x 10^8 Km
Constante da gravitação (G)			6,67 x 10^{-11} $N.m^2/Kg^2$
Pressão atmosférica (coluna de 10 m de água)			1,013 x 10^5 N/m^2
Número de Avogadro			6 x 10^{23}
Constante universal dos gases (R)			8,32 J/mol.K
Massas atômicas			1,6x10^{-27} – 4x10^{-25} Kg
Dimensão longitudinal de um átomo			10^{-10} m
Raio de um próton			10^{-15} m

Nº de Moléc/cm^3 em um gás em cond. normais	$2,7 \times 10^{19}$
Nº de átomos/cm^3 em sólidos	10^{23}
Massa de um elétron em repouso	$9,11 \times 10^{-31}$ Kg
Massa de um próton em repouso	$1,67 \times 10^{-27}$ Kg
Relação entre carga e massa (e/m) do elétron	$1,76 \times 10^{11}$ C/Kg
Carga elementar (e)	$1,6 \times 10^{-19}$ C
Velocidade da luz (c)	3×10^{8} m/s
Comprimento de onda da luz (média)	6×10^{-7} m
Constante de Planck (h)	$6,63 \times 10^{-34}$ J.s
Volume médio de uma pessoa adulta	0,1 m^3
Intensidade grosseiramente aproximada do menor som audível	10^{-12} W/m^2
Intensidade média de um cochicho	20 dB

APÊNDICE 2 – ALGUMAS ORDENS DE GRANDEZA

ESPAÇO

GRANDEZA - COMPRIMENTO	UNIDADE (METRO)	GRANDEZA - COMPRIMENTO	UNIDADE (METRO)
raio do próton	**10^{-15}**	raio da Terra	**10^{7}**
raio do atômico	**10^{-10}**	raio do Sol	**10^{9}**
distância média entre as moléculas de ar em uma sala	**10^{-8}**	distância da Terra ao Sol	**10^{11}**
espessura de uma folha de papel	**10^{-4}**	raio do Sistema Solar	**10^{13}**
altura do homem	**10^{0}**	distância da estrela mais próxima	**10^{17}**
altura da mais alta montanha	**10^{4}**	raio do universo visível	**10^{26}**

MASSA

GRANDEZA - MASSA	UNIDADE Kg	GRANDEZA - MASSA	UNIDADE Kg
elétron	**10^{-27}**	ser humano	**10^{2}**
aminoácido	**10^{-25}**	pirâmide do Egito	**10^{10}**
hemoglobina	**10^{-22}**	Terra	**10^{24}**
vírus do resfriado	**10^{-19}**	Sol	**10^{30}**
ameba gigante	**10^{-8}**	galáxia Via Láctea	**10^{41}**
gota de chuva	**10^{-6}**	universo	**10^{52}**
formiga	**10^{-2}**		

TEMPO

GRANDEZA - INTERVALO DE TEMPO	UNIDADE (SEGUNDO)	GRANDEZA - INTERVALO DE TEMPO	UNIDADE (SEGUNDO)
período de vibração da luz visível	**10^{-15}**	período de revolução da Terra (ano)	**10^{7}**
período da microondas	**10^{-10}**	duração da vida do Homem	**10^{9}**
meia-vida do múon	**10^{-6}**	meia-vida do plutônio 239	**10^{12}**
período do mais alto som audível	**10^{-4}**	duração de um maciço montanhoso	**10^{15}**
período da batida do coração humano	**10^{0}**	idade da Terra	**10^{17}**
meia vida do nêutron livre	**10^{3}**	idade do universo	**10^{18}**
período de rotação da Terra (dia)	**10^{5}**		

$$(a+b)^n = \sum_{p=0}^{n} \frac{n!}{p!(n-p)!} a^{n-p} b^p$$

O Binômio de Newton é tão belo quanto a Vênus de Milo.

O que há é pouca gente para dar por isso.

óóóó---óóóóóó óóó---óóóóóóó óóóóóóóó

(O vento lá fora).

Fernando Pessoa (Álvaro de Campos), 15-1-1928

LISTA DE REFERÊNCIAS DAS FIGURAS UTILIZADAS NOS EXERCÍCIOS

Albert Einstein, Isaac Newton e Galileu Galilei – Heróis da Física – desenhos dos rostos feito pela aluna, amiga e artista - Katiane Antunes Rodrigues
Milagres Termodinâmicos (Dr. Manhattan) -
https://br.pinterest.com/pin/263953228144787897/
Ex. 01. http://universohq.com/materias/10-razoes-por-que-morte-de-gwen-stacy-e-historia-mais-importante-homem-aranha/
Ex. 02. fonte: (próprio autor)
Ex. 03. https://www.einerd.com.br/mjolnir-hela-thor-ragnarok/
Ex. 04. http://thebrickpeople.com/lego-superheroes-batman-minifig-with-grappling-hook-76086/
Ex. 05. https://quadrinheiros.com/2016/11/24/batman-66-e-a-sina-da-estetica-camp/
Ex. 06. https://images.app.goo.gl/G3rhsgs5d7VCckNx7
Ex. 07. https://hqrock.com.br/2012/03/18/os-vingadores-conheca-o-hulk/
Ex. 08.
Ex. 09.
1
2 fonte: (próprio autor)
3 fonte: (próprio autor)
Ex. 10. https://dragonball.fandom.com/pt-br/wiki/Yamcha_morre!_Os_tem%C3%ADveis_Saibaimans
https://ovicio.com.br/suposta-estatua-deyamcha-morto-teria-sido-inaugurada-no-japao/
Ex. 11. fonte: (próprio autor)
Ex. 13. http://www.fabiorezende.com.br/especial-caverna-dos-dragoes-%E2%80%93-diana-a-acrobata/
fonte: (próprio autor)
Ex. 14. fonte: (próprio autor)
https://br.pinterest.com/pin/479140847848534817/?autologin=true
Ex. 16. http://www.investarte.com.br/hb/www/ant/ant.htm
Ex. 17. https://br.pinterest.com/pin/269582727674294694/
Ex. 18. https://www.dltk-kids.com/pokemon/adoptions/graveler-p.htm
Ex. 19. https://wall.alphacoders.com/big.php?i=662076&lang=Portuguese
Ex. 20. fonte: (próprio autor)
Ex. 21. fonte: (próprio autor)
https://desciclopedia.org/wiki/Spoink
Ex. 23. fonte: (próprio autor)
Ex. 24. fonte: (próprio autor)
Ex. 25. fonte: (próprio autor)
Ex. 26. fonte: (próprio autor)
Ex. 27. fonte: (próprio autor)
Ex. 28. https://www.dltk-kids.com/pokemon/adoptions/graveler-p.htm

Ex. 29. fonte: (próprio autor)
Ex. 30. Montagem - Autor
Ex. 31.
https://www.pokemonpets.com/Shiny-Omastar-Pokemon-Pokedex-2139
https://www.pokemonpets.com/Shellder-Pokemon-Pokedex-90
Ex. 32. fonte: (próprio autor)
Ex. 33. fonte: (próprio autor)
Ex. 35. fonte: (próprio autor)
Ex. 37. fonte: (próprio autor)
Ex. 38. https://www.tokashop.com.br/meninos/pokemon-boneco-xy-ash-e-pikachu-tomy-nintendo-original
Ex. 41. https://www.dltk-kids.com/pokemon/adoptions/graveler-p.htm
Ex. 42. fonte: (próprio autor)
Ex. 47. https://mundo.sputniknews.com/infografia/20120726154450824/
Ex. 48. https://www.saberatualizado.com.br/2015/12/da-para-explicar-cientificamente-o.html . Acesso: 07/09/2020)
Ex. 49. http://www.guiadosquadrinhos.com/personagem/kryptonianos/8099
Ex. 50.
Ex. 51. https://www.omelete.com.br/quadrinhos/neil-degrasse-tyson-o-dia-que-o-fisico-conheceu-o-superman
Ex. 52. https://hqrock.com.br/2012/11/06/superman-astrofisico-sugere-localizacao-de-krypton/
Ex. 56. http://files.superleomatematica.webnode.com/200000027-a26dfa365c/Artigo%20-%20A%20F%C3%ADsica%20dos%20Super-Her%C3%B3is%20dos%20Quadrinhos.pdf
Ex. 57. https://super.abril.com.br/ciencia/a-ciencia-dos-super-herois/
Ex. 58. https://dev.observatoriodocinema.bol.uol.com.br/series-e-tv/2019/07/grant-gustin-conta-como-crise-nas-infinitas-terras-afeta-the-flash
Ex. 61. https://www.blogs.unicamp.br/ciencianerd/2016/11/09/o-the-flash-e-a-super-velocidade/
Ex. 62. https://super.abril.com.br/ciencia/o-que-faz-a-voz-ser-grossa-ou-fina/
Ex. 63.
Ex. 64. https://observatoriodocinema.uol.com.br/series-e-tv/2020/08/visual-do-novo-capitao-america-e-revelado-veja
Ex. 65. https://comicvine.gamespot.com/forums/battles-7/magneto-fox-vs-twilight-vamps-1793297/
Ex. 66. https://images.app.goo.gl/GMyupPXBBkiLjRaD6
Ex. 67. fonte: (próprio autor)
Ex. 68.
Ex. 69. https://pipocamoderna.com.br/2018/11/elogiosas-primeiras-reacoes-da-critica-geek-a-aquaman-ja-pedem-a-continuacao/
Ex. 71. fonte: (próprio autor)
Ex. 72. http://guerraheroica.blogspot.com/2019/07/desafio-casca-grossa-alpha-6.html
Ex. 75. https://br.pinterest.com/pin/395050198542665673/
Ex. 76.

Ex. 80. https://medium.com/@liviadam/o-que-o-filme-vida-de-inseto-tem-a-ver-com-a-sua-vida-real-ff66298b0c4f
Ex. 81. fonte: (próprio autor)
Ex. 82. http://www.adorocinema.com/noticias/series/noticia-147403/
Ex. 87. fonte: (próprio autor)
Ex. 89. https://1.bp.blogspot.com/-3_7e_-FLnEI/Vp8zBzto-kI/AAAAAAAACCA/JUJgSwhOsc4/s1600/os+impossiveis+3.jpg
fonte: (próprio autor)
Ex. 90. fonte: (próprio autor)
Ex. 91. http://infantv.com.br/infantv/?p=18017
Ex. 93. https://www.magazineluiza.com.br/painel-de-festa-capitao-caverna-03-colormyhome/p/ckg768d4d1/af/fpai/
Ex. 94.
https://pt.wikipedia.org/wiki/The_Herculoids
https://www.fredcunhanews.com/2014/04/maquina-do-tempo-desenhos-dos-anos-60.html
Ex. 95. http://www.guiadosquadrinhos.com/personagem/tundro/13118
Ex. 96. http://www.guiadosquadrinhos.com/personagem/zok/13116
Ex. 97.
https://www.pinterest.cl/pin/545217098621275762/?amp_client_id=CLIENT_ID(_)&mweb_unauth_id={{default.session}}&simplified=true
Ex. 98. https://www.cinedica.com.br/Filme-Frankenstein-Jr-21211.php
https://images.app.goo.gl/ctoQs4tZ2AKLX4jt6
Ex. 99. https://ocanildobeagle.blogspot.com/2016/05/thundercats.html
Ex. 100. http://thundercats.org/cartoon-images/intro-screenshots/thundercats_intro_0893.jpg
Ex. 101. https://news.thundercats.ws/2012/04/17/featured-fan-art-thundercats-paintings-by-wilycub-414 (modificada)
Ex. 102. http://www.tuneldotempodesenhos.com.br/p-4160999-FANTOMAS---VOLUME--01
Ex. 103. https://starwars-exodus.fandom.com/wiki/Category:Stations
Ex. 104. https://super.abril.com.br/mundo-estranho/infografico-o-carro-mach-5-de-speed-racer/
Ex. 105. próprio autor
Ex. 106. https://speedracer.fandom.com/wiki/Button_A
Ex. 107. https://speedracer.fandom.com/wiki/Button_B
Ex. 108. https://speedracer.fandom.com/wiki/Button_C
Ex. 109. https://speedracer.fandom.com/wiki/Button_D
Tabela: dados obtidos dos informativos técnicos CBC: https://www.cbc.com.br/
Ex. 110. https://speedracer.fandom.com/wiki/Button_E
Ex. 111. https://speedracer.fandom.com/wiki/Button_F
Gráfico temperatura da água pela profundidade:
https://www.comvest.unicamp.br/vest2019/F1/f12019Q_X.pdf
Ex. 112. https://speedracer.fandom.com/wiki/Button_G
Ex. 113. https://viajantedotemporeall.blogspot.com/2018/10/super-amigos.html

Adaptada da Agência Espacial Europeia (ESA):
https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/Technology_CubeSats
Ex. 114. Adaptado de https://comicvine.gamespot.com/laufey/4005-31821/;
https://www.sideshow.com/collectibles/marvel-loki-hot-toys-906459;
https://www.amazon.com/Avengers-inch-Hero-Action-Figure/dp/B006CD0NCY
Ex. 115. https://coloringhome.com/coloring-page/268879?album=despicable-me-printable-coloring-pages
Figuras (a) e (b): http://hackedgadgets.com/2016/01/23/mythbusters-imploding-tanker-car/
Ex. 116. https://marvel.fandom.com/wiki/Human_Torch_(Android)_(Earth-616)
Ex. 117. Adaptada de: https://www.chimerascomics.com/bringing-fantastic-four-into-mcu/
Texto para as questões 118 a 122:
https://www.legiaodosherois.com.br/lista/10-fatos-e-curiosidades-sobre-capitao-planeta.html#list-item-1
Ex. 118. https://www.legiaodosherois.com.br/2018/capitao-planeta-roteirista-fala-sobre-sua-versao-para-o-filme-do-heroi.html
Ex. 119. https://captainplanetandtheplaneteers.fandom.com/wiki/Duke_Nukem
Ex. 120. Adaptado do próprio episódio
Ex. 121. Adaptado do próprio episódio
Ex. 122. Adaptado do próprio episódio
Ex. 123. https://hero.fandom.com/wiki/Strong_Guy
Ex. 124. Adaptado de: https://www.marvel.com/articles/comics/every-fantastic-four-costume-ever
Ex. 125.
https://dc.fandom.com/wiki/Diana_of_Themyscira_(Prime_Earth)/Gallery#Wonder_Woman
Ex. 126. Adaptado de: http://www.fightersgeneration.com/characters2/magneto.html
Ex. 127. Adaptado de: https://www.deviantart.com/alexelz/art/Electro-603688664
Ex. 128. https://www.portallos.com.br/2011/05/19/super-heroi-do-dia-el-kabongtvretropicart
Ex. 129. Adaptado de: https://www.cozitv.com/shows/the-six-million-dollar-man/
Ex. 130. https://comicvine.gamespot.com/ben-10/4005-48499/
Ex. 131. http://infantv.com.br/infantv/?p=4025#prettyPhoto
Ex. 132. https://marvel.fandom.com/wiki/Professor_X
Adaptado de: https://aminoapps.com/c/comics-portugues/page/blog/tudo-sobre-o-melhor-desenho-dos-x-men/l7QK_o6FQuDmgr7Nv70wRqjbV05JGYXbX4
Ex. 133. https://marvel.fandom.com/wiki/Clinton_Barton_(Earth-616)
https://www.direitodeouvir.com.br/blog/implante-coclear
Ex. 134. https://deathbattlefanon.fandom.com/wiki/Daredevil
https://www.legiaodosherois.com.br/lista/10-motivos-para-nao-odiar-tanto-o-filme-do-demolidor.html
Adaptado: https://sciencefiction.com/2017/10/03/toy-news-tuesday-4/ e
https://www.toyshow.com.br/colecionaveis/action-figures/estatua-elektra-marvel-premier-collection

Ex. 135. Liga da Justiça Sem Limites:
https://dc.fandom.com/wiki/Category:TV_Screenshots
https://www.diariodajaragua.com.br/geral/centenas-de-proteses-3d-sao-distribuidas-de-graca-em-curitiba/456347/
Ex. 141. https://i.ytimg.com/vi/xop6e6sOWEM/maxresdefault.jpg
http://machmax.blogspot.com/2010/07/os-malucos-da-corrida-maluca.html
Ex. 142. https://kanto.legiaodosherois.com.br/w760-h398-cfill/wp-content/uploads/2018/03/legiao_4vehy9sCOQwcx6LSPWT0KV2UI5ofnH8qlMpdJrjFzu.png.jpeg
Ex. 143. https://teentitans.fandom.com/pt-br/wiki/Mutano?file=Beast_Boy_as_Cheetah.png
https://vignette.wikia.nocookie.net/teentitans/images/d/df/Mutano.jpg/revision/latest/scale-to-width-down/340?cb=20110226214814&path-prefix=pt
Ex. 144.
https://www.jornalnh.com.br/_conteudo/2016/04/blogs/entretenimento/xyz/319697-laboratorio-de-dexter-esta-de-aniversario.html
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fpt.dreamstime.com%2Filustra%25C3%25A7%25C3%25A3o-stock-rob-do-retro-estilo-com-roda-e-antena-image97308736&psig=AOvVaw2W1MsM2ESx18IDNwbqnAL2&ust=1607808604638000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCND0konwxu0CFQAAAAAdAAAAABAD
Ex. 145. https://en.wikipedia.org/wiki/Jimmy_Neutron
Ex. 146. https://www.infoescola.com/geologia/pangeia/
X-Men:
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fxmen-comics.fandom.com%2Fpt-br%2Fwiki%2FTempestade_(Ororo_Munroe)_(Terra-616)&psig=AOvVaw19CtBM5RHCHMu_q_za6HtS&ust=1607889322445000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjHwtWcye0CFQAAAAAdAAAAABAP
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fprotocolosmarvel.wordpress.com%2F2008%2F11%2F10%2Fhomem-de-gelo%2F&psig=AOvVaw19CtBM5RHCHMu_q_za6HtS&ust=1607889322445000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCLjHwtWcye0CFQAAAAAdAAAAABAU
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.fatosdesconhecidos.com.br%2F5-coisas-que-voce-nao-sabia-sobre-o-magneto%2F&psig=AOvVaw3pOTKWBtBZ1ZnUYNIRoL9q&ust=1607889426194000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCIi1j8ieye0CFQAAAAAdAAAAABAD
https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Fconfrariadearton.blogspot.com%2F2008%2F06%2Farquivo-de-fichas-mutantes-e_13.html&psig=AOvVaw3i1UahCnLnPFF_PkoYbOSU&ust=1607889610385000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMiCwOOdye0CFQAAAAAdAAAAABAD
Ex. 148.
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fxmen-comics.fandom.com%2Fpt-br%2Fwiki%2FTempestade_(Ororo_Munroe)_(Terra-

616)&psig=AOvVaw3aKhsnclyAQE7ez27PU37c&ust=1607889902347000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCICA6fGeye0CFQAAAAAdAAAAABAP
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Funiversoxmen.com.br%2F2020%2F10%2Fmagneto-vs-apocalipse-quem-ganharia%2F&psig=AOvVaw39NroMAUd8m44Gt-nJ0bD2&ust=1607889997645000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCOisspufye0CFQAAAAAdAAAAABAO
Ex. 149.
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fbr.pinterest.com%2Fpin%2F407364728789686665%2F&psig=AOvVaw0I_ASgAe0BaBqhJ79kizsA&ust=1607890152015000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJjCpOGfye0CFQAAAAAdAAAAABAa
Ex. 150.
https://images-wixmp-ed30a86b8c4ca887773594c2.wixmp.com/f/7cae0799-7cba-4d0e-8a7d-394c85cb0f9f/dcj1tdc-330a629f-e91e-4189-b02c-2adbadeaa31c.jpg/v1/fill/w_725,h_536,q_75,strp/iceman_spider_man_amazing_friends_cartoon_h1_by_defenderoftheflowers_dcj1tdc-fullview.jpg?token=eyJ0eXAiOiJKV1QiLCJhbGciOiJIUzI1NiJ9.eyJzdWIiOiJ1cm46YXBwOiIsImlzcyI6InVybjphcHA6Iiwib2JqIjpbW3siaGVpZ2h0IjoiPD01MzYiLCJwYXRoIjoiXC9mXC83Y2FlMDc5OS03Y2JhLTRkMGUtOGE3ZC0zOTRjODVjYjBmOWZcL2RjajF0ZGMtMzMwYTYyOWYtZTkxZS00MTg5LWIwMmMtMmFkYmFkZWFhMzFjLmpwZyIsIndpZHRoIjoiPD03MjUifV1dLCJhdWQiOlsidXJuOnNlcnZpY2U6aW1hZ2Uub3BlcmF0aW9ucyJdfQ.aewEaxSZDbQ9b4zkmkZDuh6zSg59g2F2c9SwgtAy-nU
Ex. 151.https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcSChjy7c1qPkUuXJLIlQHEd4OR0co2oXVXF-w&usqp=CAU
Ex. 152.
https://pm1.narvii.com/6872/2e9838785ac781892bd8149e15bb6bd4dd418fdfr1-499-250v2_hq.jpg
Ex. 153. https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcS6CW7Zd9on5IsXmwQTqbqCe4vjOpzMlRyB7w&usqp=CAU
Ex. 154.
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fnerdologiaheroespowers.fandom.com%2Fpt-br%2Fwiki%2FDemolidor&psig=AOvVaw3RJ-hZZMqqGlpbn1CFX66z&ust=1607891972551000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCNiF68Kmye0CFQAAAAAdAAAAABAD
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.legiaodosherois.com.br%2Flista%2F10-motivos-para-nao-odiar-tanto-o-filme-do-demolidor.html&psig=AOvVaw2fKKgDKfRbeC71Nh_9i1AW&ust=1607891998736000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJCIzs6mye0CFQAAAAAdAAAAABAD
https://terrigen-cdn-dev.marvel.com/content/prod/1x/026ddm_com_inl_02.jpg
https://terrigen-cdn-dev.marvel.com/content/prod/1x/026ddm_com_inl_02.jpg
https://terrigen-cdn-dev.marvel.com/content/prod/1x/026ddm_com_inl_02.jpg

Ex. 155.
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fm.youtube.com%2Fwatch%3Fv%3DsR8stxypOzI&psig=AOvVaw0jCSVVSR9WMmoznbHjVAwQ&ust=1607892837006000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJCnzN6pye0CFQAAAAAdAAAAABAD
https://www.google.com/url?sa=i&url=http%3A%2F%2Ftheheroess.blogspot.com%2F2012%2F05%2Faquaman-aquaman-um-super-heroi-dos.html&psig=AOvVaw3Y8b2d_680V7pd1kUNuGvO&ust=1607892886945000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCODa8vepye0CFQAAAAAdAAAAABAD
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.diariodajaragua.com.br%2Fgeral%2Fcentenas-de-proteses-3d-sao-distribuidas-de-graca-em-curitiba%2F456347%2F&psig=AOvVaw1ol1bL6-Woa69vTY0rB2SP&ust=1607892937126000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMijv4-qye0CFQAAAAAdAAAAABAD
Ex. 156. https://www.legiaodosherois.com.br/lista/10-herois-portadores-de-necessidades-especiais-da-dc-e-da-marvel.html#list-item-9
Ex. 157.
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fmimood.com.br%2F2019%2F05%2F20%2Frepresentatividade-de-herois-pne-nas-hqs%2F&psig=AOvVaw3u_XiC_DFFqi29dxEZolfn&ust=1608148178981000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCMDAt6jj0O0CFQAAAAAdAAAAABAD
Ex. 158. https://www.legiaodosherois.com.br/lista/10-herois-portadores-de-necessidades-especiais-da-dc-e-da-marvel.html#list-item-9
Ex. 159.
https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Festanteante.wordpress.com%2Ftag%2Fkarma-marvel%2F&psig=AOvVaw3g4LkbiwxjzwovZqDx1Wlv&ust=1608142757067000&source=images&cd=vfe&ved=0CAIQjRxqFwoTCJiloOLM0O0CFQAAAAAdAAAAABAD
Ex. 160. https://alemdatorrez.wordpress.com/tag/capitao-marvel-jr/
Ex. 161. https://www.legiaodosherois.com.br/lista/10-herois-portadores-de-necessidades-especiais-da-dc-e-da-marvel.html#list-item-9
Ex. 162. https://www.legiaodosherois.com.br/lista/10-herois-portadores-de-necessidades-especiais-da-dc-e-da-marvel.html#list-item-9
Ex. 163. https://mimood.com.br/2019/05/20/representatividade-de-herois-pne-nas-hqs/

BIBLIOGRAFIA

A FÍSICA NO JARDIM Zoológico. Disponível em: <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica/planos/zoo.htm>. Acesso em: 3 ago 2021.

ACTION COMICS. **Superman**. New York: Action Comics, 1938. 1-13 p.

ALVARENGA, B., MÁXIMO, A. Curso de física. 4. ed. São Paulo: Scipione, 3v., 2000, p. 202.

ASIMOV, Isaac. Viagem Fantástica. 2. ed. Tradução de Hálio Pólvora. Rio de Janeiro: Bloch, 1974. 197 p.

BARTHEM, Ricardo. Temas Atuais de Física – A Luz. Sociedade Brasileira de Física. São Paulo: Livraria da Física, 2005. 114 p.

BOEBINGER, Gregory S. A Ciência dos Super-Heróis – Série Discovery Channel. Entrevista no Laboratório Nacional de Alto Campo Magnético, Novo México. Disponível em: <http://www.youtube.com/watch?v=OrSYaiJC-1o>. Acesso em: 14 ago. 2012.

BOHR, Niels. Física Atômica e Conhecimento Humano. Tradução de Vera Ribeiro. Rio de janeiro: Contraponto, 1995.

BOUNDERSTONE D. Meredith C. Clapton S: "That's No Moon", Phys. Spec. Top. 2011 - www.le.ac.uk/force-awakens

BRASIL ESCOLA. Exercícios sobre Plano Inclinado com Atrito. Disponível em: <http://www.brasilescola.com/upload/conteudo/images/resposta-exercicio-2.jpg>. Acesso em: 12 set. 2012.

CANAL ENPE. Disponível em: <www.youtube.com/canalenpe>. Acesso em 02 ago. 2021.

CARRON, Wilson; GUIMARÃES, Osvaldo. As Faces da Física. São Paulo: Moderna, 1997. 672 p.

CBO – CONSELHO BRASILEIRO DE OFTALMOLOGIA. Óptica, Refração e Visão Subnormal - Série Oftalmológica Brasileira. Rio de Janeiro: Cultura Médica e Guanabara Koogan, 2008.

CENTRO DE ENSINO E PESQUISA APLICADA – USP, 2004. Efeito Doppler – Aplicações astronômicas. Disponível em: <http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/imagens/otica/universitario/cap05/figura54.gif>. Acesso em: 14 set. 2012.

CHAVES, Alaor. Supernova: A morte catastrófica de grandes estrelas. UFMG - Observatório Astronômico Frei Rosário, ICEx - Física, Caeté-MG, 2011. Disponível em: <http://www.observatorio.ufmg.br/Pas105.htm>. Acesso: 14 jan. 2012.

COMO ESTUDAR FÍSICA. Disponível em: <http://fisicanet.terra.com.br/artigos/>. Acesso em: 02 ago. 2021.

CURRÍCULO DO ESTADO DE SÃO PAULO - **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. 1. Edição Atualizada, 2011. Disponível em: <https://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/235.pdf >. Acesso em: 3 ago. 2021.
DC COMICS (1960), "Flash #110", New York: DC Comics, 1960.
DC COMICS (1960), "Flash #117", New York: DC Comics, 1960.
DC COMICS (1962), "Aquaman #1", New York: DC Comics, 1962.
DC COMICS. Atom #2. New York: DC Comics, 1962.
DC COMICS. Batman #1 – Edição do Milênio. New York: DC Comics, 2001.
DC COMICS. Batman #109. New York: DC Comics, 1957.
DC COMICS. CrisenasInfinitasTerras. New York: DC Comics, 1985.
DC COMICS. DC Comics Presents #97. New York: DC Comics, 1986.
DC COMICS. Elektron #1. New York: DC Comics, 1967.
DC COMICS. Flash #106. New York: DC Comics, 1959.
DC COMICS. Flash #124. New York: DC Comics, 1961.
DC COMICS. Flash #208. New York: DC Comics, 1971.
DC COMICS. Flash Comics #1. New York: DC Comics, 1940.
DC COMICS. Showcase #22. New York: DC Comics, 1961.
DC COMICS. Showcase #34. New York: DC Comics, 1961.
DC COMICS. Showcase #4. New York: DC Comics, 1956.
DC COMICS. Superman #1.New York: DC Comics, 1939.
DC COMICS. Superman #132. New York: DC Comics, 1959.
DC COMICS. Superman #146. New York: DC Comics, 1961.
DC COMICS. Superman #58.New York: DCComics, 1949. 52 p.
DC COMICS. The Flash # 123.New York: DC Comics, 1961.
DC COMICS. The Flash #7 – The new 52!.New York: DC Comics, 2012.
DCCOMICS. The Flash #114. New York: DC Comics, 1960.
FORT LEE. George Washington Bridge. Disponível em: <http://www.fortleeonline.com/gwb/>. Acesso em: 04 dez. 2011.
FOTOGRAFIA DIGITAL. **Limites Físicos**. Disponível em: <http://www.caborian.com/wp-content/uploads/2009/07/difracci%C3%B3n_airy.jpg>. Acesso em: 07 set. 2012.
G. F. Leal Ferreira - Nota complementar sobre o famoso chute de Pelé - Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 27, n. 4, p. 619-620, 2005.
G1. Estudantes de Rio Claro fazem prótese em impressora 3D. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/noticia/2019/11/17/estudantes-de-rio-claro-fazem-protese-em-impressora-3d-e-doam-para-jovem-que-perdeu-a-perna.ghtml>. Acesso em: 10 dez. 2019.
GASIOROWICZ, Stephen. Física Quântica. Tradução de Antônio L. L. Videira. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1979. 480 p.

GLEISER, Marcelo. A dança do universo. São Paulo: Cia. das Letras, 1997.
GLEISER, Marcelo. A dança do universo. São Paulo: Cia. das Letras, 2006.
GLEISER, Marcelo. Cartas a um Jovem Cientista: o Universo, a Vida e Outras Paixões. São Paulo: Cia. das Letras, 2017.
GLEISER, Marcelo. O Micro Macro. Reflexões Sobre o Homem, o Tempo e o Espaço. São Paulo: Editora Publifolha, 2005.
GLEISER, Marcelo. Criação imperfeita. São Paulo: Record, 2010.
GLEISER, Marcelo. O fim da terra e do céu. São Paulo: Cia. das Letras, 2011.
GLEISER, Marcelo; CIPIS, Marcelo. O livro do cientista. São Paulo: Companhia das Letrinhas, 2003.
GONZAGA, L. A.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; LEVADA, Celso Luis. Física dos Super-heróis de Quadrinhos (HQ). Caderno de Física da UEFS, v. 12, p. 07-30, 2014.
GRESH, Lois; WEINBERG, Robert. A Ciência dos Super-heróis. Tradução de Domingos Demasi. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005. 232 p.
HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALWER, Jearl. Fundamentos de Física – vol. 1 – Mecânica. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
HARRIS, SIDNEY. A ciência ri: O melhor de Sidney Harris. São Paulo: Ed. UNESP, 2007.
HAWKING, Stephen. O Universo numa Casca de Noz. São Paulo: Mandarim, 2001.
HQ JUNTA 20 super-heróis brasileiros. Disponível em: <https://www.correiobraziliense.com.br/app/noticia/diversao-e-arte/2014/11/30/interna_diversao_arte,459847/amp.shtml>. Acesso em: 10 dez. 2020.
HUEMERSON, Maceti; LEVADA, Luis Celso; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; CALEGARO, Wadley de Castro; VIDAL, Tabata. Stephen Hawking: Black Holes and other Contributions from one of the Greatest Scientists of Our Time. International Journal of Advanced Engineering Research and Science, v. 5, p. 60-64, 2018.
HUMOR NA CIÊNCIA. Disponível em: <http://www.geocities.com/humornaciencia/>. Acesso em: 02 ago. 2021.
INFOGRÁFICO. O carro Mach 5 de Speed Racer. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/infografico-o-carro-mach-5-de-speed-racer/>.
KAKALIOS, James. The PhysicsofSuperheroes. New York, USA: Gotham Books, 2009. 2nd Edition. 425 p.

KAKU, Michio. A Física do Futuro – como a ciência moldará o destino humano e o nosso cotidiano em 2100. Rio de Janeiro: Editora Rocco, 2012.
KAKU, Michio. A Física do impossível. Rio de Janeiro: Editora Rocco, 2010.
KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J. Física. v. 1. São Paulo: Makron Books, 1999.
KNIGHT, R. D. Física, uma abordagem estratégica. v. 1. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.
Legislação - <http://download.inep.gov.br/educacao_basica/encceja/legistacao/2005/anexoii.pdf>.
LEVADA, C. L.; Huemerson Maceti; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; LEVADA, A. L. M. A Short Review To Compressible Flow. The International Journal of Engineering and Science (IJES), v. 6, p. 37-39, 2017.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José. A morte trágica de Evariste Galois. Ágora (URI. Cerro Grande), v. VIII, p. 53-61, 2013.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José. Brief Considerations on Dark Energy. International Journal of Scientific Research, v. 3, p. 120-121, 2014.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José. Short Review on Black Holes. International Journal of Scientific and Engineering Research, v. 4, p. 505-508, 2015.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; LEVADA, M. M. O. Madame Curie: An Icon of Modern Science. IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS), v. 23, p. 49-52, 2018.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; LEVADA, M. M. O. Os quinhentos anos do Commentariolus de Copérnico. Revista de Ciências Humanas e Sociais Pitágoras, v. 04, p. 01-08, 2013.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; LEVADA, M. M. O. Who Wants Rusdolf Diesel's Death? Discovery Science, v. 7, p. 11-14, 2013.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LEVADA, M. M. O.; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José. Some considerations about the work of Prigogine in the centenary of his birth. International Journal of Academic Research and Development, v. 2, p. 30-32, 2017.
LEVADA, Celso Luis; HUEMERSON, Maceti; LAUTENSCHLEGUER, Ivan José; SAGGIORO, B. Z.; CALEGARO, Wadley de Castro. Edwin Hubble and the Expansion of the Universe. American Journal of Engineering Research, v. 8, p. 288-292, 2019.
LEVADA, C. L.; HUEMERSON, M.; VIDAL, T.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. Oersted's Experience Completes Two Hundred Years. European Academic Research, v. VIII, p. 1190-1199, 2020.

LEVADA, M. M. O.; LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; MACETI, H. A Segurança nos Reatores Nucleares é Adequada? Enciclopédia biosfera, v. 07, p. 1-5, 2011.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. From Kilometer To Nanometer. Indian Journal of Applied Research, v. 4, p. 593, 2014.
LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; MACETI, H. Magnetoeletroquímica Visualização do Efeito da Força Magnética em Íons: um experimento de baixo custo. Caderno de Física da UEFS, v. 4, p. 15-21, 2006.
LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; MACETI, H. Neutrino o sucesso de uma hipótese ad hoc. II Congresso Científico da UNIARARAS, ARARAS, 30 mar. 2007.
LEVADA, C. L.; LEVADA, M. M. O.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; MACETI, H. Oitenta anos da hipótese do neutrino. Caderno de Física da UEFS, v. 2, p. 75-80, 2010.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Ciência e Cotidiano: A Física do Chuveiro Elétrico. *In*: II Congresso Científico UNIARARAS, 2004, ARARAS.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Considerações Sociais sobre o Conceito de Turbulência. Gestão Universitária, v. 275, p. 1-6, 2011.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Madame Curie: A Pioneira da Ciência Moderna. Ágora (URI. Cerro Grande), v. VII, p. 18-23, 2011.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. O Grafeno e o Prêmio Nobel de Física. Gestão Universitária, v. 1, p. 1-3, 2011.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Os vinte anos da con(fusão) nuclear a frio. Scientia Plena, v. 5, p. 1-3, 2009.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. The Conflicting Case of Lev Davidovich Landau's Cerebral Death. International Journal of Humanities, Social Sciences and Education, v. 5, p. 30-35, 2018.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. Summary of The David Bohm's Work on The Centenary of his Birth. International Journal of New Technology and Research, v. 3, p. 68-70, 2017.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. The neutrino and the Nobel prize in physics 2015. International Journal of Multidisciplinary Research and Development, v. 3, p. 138-141, 2016.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. The mysteries on stupid Galois death. International Journal of Multidisciplinary Research and Development, v. 3, p. 206-208, 2016.

LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. The intuition role in scientific inventions. International Journal of Multidisciplinary Research and Development, v. 2, p. 145-147, 2015.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. God and Demon, Stories and Legends. International Science of Scientific Research, v. 3, p. 151-153, 2014.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. Breves reflexões sobre armadilhas quânticas. Gestão Universitária, v. 1, p. 1-8, 2013.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. Consideraciones sobre el modelo del átomo de Bohr. Revista de la Sociedad Química del Perú, v. 79, p. 178-184, 2013.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. EL CURIOSO CASO DE DESAPARICIÓN DE ETTORE MAJORANA. Revista Colombiana de Física, v. 43, p. 560-564, 2011.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. Bicentenário da morte de Cavendish: Reflexões acerca da Construção de um Legado. UC - UNICAMP CIÊNCIA, v. 1, p. 1-9, 2011.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; LEVADA, M. M. O. Tributo pelo bicentenário da morte de Henry Cavendish. Caderno de Física da UEFS, v. 1, p. 69-74, 2010.
LEVADA, C. L.; MACETI, H.; SAGGIORO, B. Z.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. The publication of general relativity theory completes a hundred years. Journal of Multidisciplinary Research and Development, v. 3, p. 92-94, 2016.
LIN, Joy. Fantastic Forces and Motion - Editora Wayland - 2018
LIN, Joy. Heroes of Light and Sound – Editora Wayland - 2018
LIN, Joy. Masters of Matter - Editora Wayland - 2018
LIN, Joy. The Superhuman Body – Editora Wayland - 2018
LINTHOME, N. P. Optimum angles of projection in the throws and jumps, in International Society of Biomechanics in Sports. Disponível em: <http://people.brunel.ac.uk/~spstnpl/BiomechanicsAthletics/LJOptimumAnglehtm>. Acesso em: 2 ago. 2021.
LOPES, A. I.; MACETI, H. A Tecnologia do Cotidiano Aplicada no Ensino de Física. *In*: I JORNADA INTEGRADA UNIARARAS, 2003, ARARAS. I JORNADA INTEGRADA UNIARARAS, 2003.
LÚCIA Resende Pereira; VALDAIR Bonfim. Regiões de segurança em lançamento de projéteis. Rev. Bras. Ensino Fís. v. 30. n. 3. São Paulo, Jul./Set. 2008.
MACETI, H.; LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Ciências pra quê(m)?! ou a estreita relação entre as diversas faces do conhecimento. P@rtes (São Paulo), v. ÚNICO, p. 01-10, 2008.

MACETI, H.; LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Considerações sobre o Alcance no Lançamento Oblíquo. Caderno de Física da UEFS, v. 10, p. 07-17, 2012.
MACETI, H.; LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Robert Millikan e a medida da carga elementar - 100 anos da publicação do trabalho que mudou a física. Caderno de Física da UEFS, v. 1, p. 85, 2011.
MACETI, H.; LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; SANTARINE,G. A. Cartas sobre a Mecânica Ondulatória: Uma Proposta para o Ensino de Física. *In*: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 2008, Campinas. REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 2008.
MARTINS, Inez Salas. Requerimentos de energia e nutrientes da população brasileira. Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública Universidade de São Paulo. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=s0034-89101979000500001&script=sci_arttext>. Acesso em: 14 jun. 2011.
MARVEL COMICS. Amazing Fantasy #15. New York: Marvel Comics, 1962.
MARVEL COMICS. Amazing Spiderman #9. New York: Marvel Comics, 1964.
MARVEL COMICS. Amazing Spiderman Annual – vol. 1. New York: Marvel Comics, 1964.
MARVEL COMICS. Contos de Surpreender #27. New York: Marvel Comics, 1962.
MARVEL COMICS. Contos de Surpreender#49. New York: Marvel Comics, 1963.
MARVEL COMICS. Contos de Suspense #37. New York: MarvelComics, 1963.
MARVEL COMICS. Contos de Suspense #39.New York: Marvel Comics, 1963.
MARVEL COMICS. Marvel Directory – Iron Man. Disponível em: <http://www.marveldirectory.com/individuals/i/ironman.htm>. Acesso em 17 Ago. 2012.
MARVEL COMICS. O Quarteto Fantástico #1. New York: Marvel Comics, 1971.
MARVEL COMICS. Quarteto Fantástico #62 – vol. 3. New York: Marvel Comics, 2002
MARVEL COMICS. The Amazing Spider Man #121. New York: Marvel Comics, 1973.
MARVEL COMICS.X-Men #31. New York: Marvel Comics, 1963.
MATEMÁTICA APLICADA à Vida: http://www.prandiano.com.br/
MATRIZ DE COMPETÊNCIAS E HABILIDADES DO ENSINO MÉDIO – INEP – Disponível em: <https://download.inep.gov.br/educacao_basica/encceja/legistacao/2005/anexoii.pdf>. Acesso em: 3 ago. 2021.

MEDIATO, J.; MACETI, H.; LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J. Universo: Estudando suas Teorias, Desvendando seus Mistérios. Caderno de Física da UEFS, v. 1, p. 79, 2014.
MOYA, Álvaro de. História da História em Quadrinhos. 2. ed. São Paulo: Brasiliense, 2009. 208 p.
NOVO ENSINO MÉDIO – MEC. Disponível em: <http://novoensinomedio.mec.gov.br/#!/pagina-inicial>. Acesso em: 3 ago. 2021.
PARANÁ, Djalma N. da Silva. "Física – Paraná". São Paulo: Ática, 2003.
PEREIRA, L. R.; BONFIM, V. Rev. Bras. Ensino Fís. v. 30. n. 3. São Paulo, 2008.
PROBLEMAS EM FÍSICA. Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/vol6/n2/v6_n2_a3.htm>. Acesso em 3 ago. 2021.
RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS. Disponível em: <http://azinheira.ese.ips.pt/darreceber/pages/1resolprob.htm>. Acesso em: 3 ago. 2021.
ROSSI, C. V.; LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, I. J.; MACETI, H. Deuses e Demônios da Ciência. Scientia Plena, v. 5, p. 1-9, 2009.
RUSSEL, Bertrand. ABC da Relatividade. 5. ed. Tradução de Giasone Rebuá. Rio de Janeiro: Zahar, 1981. 215 p.
PITELLI, S. B.; MACETI, H. O uso racional da televisão e a exploração no cotidiano escolar. *In*: I JORNADA INTEGRADA UNIARARAS, 2003, ARARAS. I JORNADA INTEGRADA UNIARARAS, 2003.
SAGAN, Carl. Contato. Tradução de Donaldson M. Garschagen. São Paulo: Companhia de Bolso, 2008. 435 p.
SAGAN, Carl. Cosmos. Tradução de Ângela do Nascimento Machado. Rio de Janeiro: Francisco Alves Villa Rica, 1992. 364 p.
SAGGIORO, B. Z.; MACETI, H.; LEVADA, C. L.; LAUTENSCHLEGUER, J. I.; TURCI, A. Fifty Years Of Man's Arrival On The Moon. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology, v. 6, p. 10062-10067, 2019.
SANT'ANNA, Blaidi; MARTINI, Glória; REIS, Hugo C.; SPINELLI, Walter. Conexões com a Física – Volume I. São Paulo: Moderna. 372 p.
SCARPA, E. Z.; MACETI, H. Física em Quadrinhos: Uma nova abordagem de Ensino. 2008. (Apresentação de Trabalho/Congresso).
SIMULAÇÕES COMPUTACIONAIS (UFRJ). Disponível em: <http://omnis.if.ufrj.br/~jtmn/fiscomp982/proj.jpeg>. Acesso em: 8 fev. 2012.
SPEED RACER: The Official 30th Anniversary Guide, de Elisabeth Moran; sites Anime News Network e Tatsunoko Productions.
TAIT, P. G. Some Points in the Physics of Golf – Nature, n. 1087, v. 42, 1890.

The Dynamics of a Golf Ball – Nature, n. 2147, v. 85, 1910.
TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene. Física para Cientistas e Engenheiros - Volume I: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. Tradução de Paulo Machado Mors. Rio de Janeiro: LTC, 2011.
TYSON, Neil deGrasse; MONE, Gregory. Astrophysics for Young People in a Hurry: with Gregory Mone. Norton Young Readers.
YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. *Sears e Zemansky Física*. 10. ed. v. 1. São Paulo: Addison Wesley, 2003.

AUTORES

HUEMERSON MACETI

Possui Graduação em Física e Mestrado em Física Aplicada pela UNESP. Atualmente, atua como Coordenador e Professor de Física no Ensino Superior, Ensino Médio e curso Pré-Vestibular.

RAONI THALES DE MEDEIROS TEIXEIRA

Possui graduação em Física pela UFRN e Mestrado Profissional em Ensino de Física pelo IFRN. Atualmente é Professor de Física do Ensino Técnico Integrado, Ensino Superior e Pós-graduação.

TABATA VIDAL

Possui graduação em Física pela UNESP e mestrado em Engenharia Mecânica pela UNICAMP. Tem experiência na área de ensino de Física nos níveis Superior, Médio, Técnico e Pré-Vestibular.

CARLOS MIRANDA AWANO

Possui graduação e Mestrado em Física Aplicada pela UNESP, doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais pela USP, e Pós-Doutorado pela UNESP. Atualmente, atua como professor de Ensino Superior.

LUIZIANA APARECIDA GONZAGA

Possui graduação em Tecnologia em Materiais e em Física e Especialização em Docência na Educação Superior pela FHO e Mestrado em Física Aplicada pela UNESP, onde atualmente é doutoranda em Física Aplicada.

RODRIGO AUGUSTO FERREIRA DE SOUZA

Possui Bacharelado em Física pela UNESP, Mestrado e Doutorado em Meteorologia pelo INPE. Membro do Comitê Científico do Observatório ATTO (Amazon Tall Tower Observatory). Atualmente, é professor/pesquisador no Nível Superior e na pós-graduação.

RAFAEL GUOLO DIAS

Possui Bacharelado em Física e Mestrado em Física Básica pela USP, e experiência profissional como Geofísico de Reservatórios pela PETROBRAS. Atualmente cursando doutorado pela Florida Atlantic University - FAU.

JOSÉ DIRCEU VOLLET FILHO

Possui graduação em Física pela UNESP, mestrado em Física e Doutorado em Ciências: Física Aplicada pela Universidade de São Paulo (USP). Fez pós-doutorado na University Health Network/ University of Toronto e atualmente é pós-doutorando no Instituto de Física de São Carlos, (USP). Também atuou como Professor de Ensino Superior.

WADLEY CALEGARO DE CASTRO

Possui graduação em Física e mestrado em Física Aplicada pela UNESP. Atualmente é professor nos níveis de Ensino Superior, Ensino Médio e Pré-Vestibular.

BRUNO ZANIBONI SAGGIORO

Possui graduação em Física e Mestrado em Física aplicada pela UNESP e Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais pela USP. Atualmente, é professor de Ensino Superior e Ensino Médio.

IVAN JOSÉ LAUTENSCHLEGUER

Possui Graduação em Física pela UNESP, Mestrado e Doutorado em Física pelo IFT/UNESP, e Pós-doutorado em Métodos Matemáticos em Ciências Moleculares pela USP. Atualmente, é professor de Ensino Superior.

CELSO LUIS LEVADA

Possui graduação em Física pela UNESP, mestrado em Físico-Química e doutorado em Química (Físico-Química) USP. Possui experiência em Ensino Médio e Superior.

LIDIOMAR RODRIGUES

Possui graduação em Física pela UNESP, Especialização em Engenharia Clínica pela UNICAMP e Administração Hospitalar pela UNAERP. Possui experiência em Ensino Médio, Técnico e Pré-Vestibular, além de atuar em Empresas com Equipamentos de Ressonância Magnética e Medicina Nuclear.

MOABE PINA DA SILVA
(Ilustrador de Mega-Pi)

Possui graduação em Ciências Biológicas e mestrado em Ciências Biológicas (Zoologia) pela UFPB. Atualmente, é Professor de Biologia do Ensino Técnico Integrado, Ensino Superior e Pós-Graduação.

"We can be heroes just for one day"

(Heroes - D. Bowie)

E=mc²

FHO
FUNDAÇÃO HERMÍNIO OMETTO

CEMAD
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DE MATERIAIS DIDÁTICOS